

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Институт физики**

**РЕЦЕНЗИЯ**

на выпускную квалификационную работу – магистерскую диссертацию

**«КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ»**

студента магистратуры 2 года обучения группы 06-819 Института физики направления

«Физика» 03.04.02

Профиль: Физика конденсированного состояния

Макушина Константина Михайловича

Рецензент: доцент кафедры общей физики Романова Ирина Владимировна

Показатели	Оценки				
	5	4	3	2	1
Актуальность тематики работы	*				
Степень полноты обзора состояния вопроса и корректность постановки и задачи	*				
Уровень и корректность использования в работе методов исследований, математического моделирования, расчетов	*				
Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения	*				
Применение современного математического и программного обеспечения, компьютерных технологий в работе (для работ прикладного характера)	*				
Качество оформления (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям стандартов)		*			
Объем и качество выполнения графического материала, его соответствие тексту	*				
Обоснованность и доказательность выводов	*				
Оригинальность и новизна полученных результатов, научно-исследовательских или производственно-технологических решений	*				

Развитие квантовых технологий и квантовых компьютеров сегодня является приоритетным направлением развития науки и современных технологий и в мире, и в Российской Федерации. Мощностей обычных компьютеров даже последних модификаций часто оказывается недостаточно для решения широкого круга расчетных задач в области

физики твердого тела. Поэтому применение квантовых компьютеров для решения таких задач, как расчет основного состояния редкоземельного или переходного иона в различном окружении, несомненно, является актуальной задачей.

Выпускная квалификационная работа содержит 44 страницы, состоит из введения, 6 глав, заключения и списка использованной литературы.

Во введении обозначена актуальность рассматриваемой темы и подробное описание имеющихся и работающих квантовых компьютеров, обозначена проблема изучения основного состояния примесных редкоземельных и переходных элементов, сформулированы цели и задачи магистерской диссертации.

Первая глава посвящена описанию работы квантового компьютера IBM построенного на технологии трансмонных кубитов на основе джозефсоновских переходов. Во второй главе описываются базовые принципы построения алгоритма работы квантового компьютера на основе квантовых гейтов. В третьей главе рассмотрен алгоритм расчета VQE и построение анзац-схем и пример расчёта энергии основного состояния одномерной модели Изинга. Четвертая глава посвящена подробному описанию и построению гамильтониана кристаллического поля для примесных редкоземельных ионов  $\text{Yb}^{3+}$  в  $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$  и  $\text{Er}^{3+}$  в  $\text{YPO}_4$  кристаллах. В пятой и шестой главах рассматривается применяемый алгоритм VQE для решения поставленной задачи, анализ ошибок, возникающих при работе квантового компьютера и приведены полученные результаты. Следует отметить, что полученные Макушиным К.М. с помощью квантовых вычислений значения g-факторов и собственные значения основного состояния редкоземельных ионов в соответствующем окружении с хорошей точностью согласуются с литературными данными.

В заключении изложены основные результаты работы, список использованной литературы содержит 36 наименований.

Текст работы написан понятным языком, изложение ясное, последовательное. Все поставленные в магистерской диссертации задачи выполнены полностью.

Несомненным достоинством работы, которое необходимо отметить, является применение новейших современных технологий к решению актуальных задач физики твердого тела на кафедре теоретической физики Института физики в Казанском федеральном университете.

К работе имеются следующие замечания:

В работе имеются некоторые орфографические ошибки, также встречаются ошибки в цитировании использованной литературы.

Все приведенные замечания ни в коем случае не умаляют ценности проделанной работы и не влияют на результаты, полученные в ней. Макушин К.М. полностью справился с поставленной задачей.

Выпускная квалификационная работа **«КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»** выполнена в соответствии с предъявляемыми требованиями к магистерским диссертациям по направлению «Физика» 03.04.02 и заслуживает оценки **«отлично»**, а Макушин К.М. заслуживает присуждения квалификации магистр по направлению «Физика».

Рецензент, доцент кафедры общей физики

к.физ.-мат.н.

16.06.2020



Романова И.В.