

Отзыв научного руководителя

о диссертации Белоненко Алексея Вячеславича

«Экспериментальное исследование релятивистских гравитационных эффектов на космических аппаратах с квантовыми стандартами времени и частоты», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Диссертационная работа посвящена решению важной и актуальной задачи современной фундаментальной физики: проверке одного из ключевых положений ОТО, принципа эквивалентности Эйнштейна, который составляет её экспериментальную базу, посредством прецизионного измерения эффекта гравитационного смещения частоты электромагнитных сигналов (т.н. «редшифт эффекта»). Исследование, проведенное автором, является продолжением и существенным развитием космических экспериментов с использованием стандартов частоты, первым из которых, в частности, являлся знаменитый эксперимент Gravity Probe A.

В диссертации были поставлены и решены задачи прецизионного измерения «редшифт эффекта» на беспрецедентно больших пространственных масштабах, сравнимых с расстоянием до Луны, что позволило на порядок повысить точность знания относительных параметров. . Научная новизна и теоретическая значимость работы подкреплены серьёзным теоретическим анализом и детальной методической проработкой всех последовательных этапов эксперимента.

В первой главе диссертации представлена оригинальная схема компенсации доплеровского эффекта первого порядка, основанная на чередовании режимов однопутевой и двухпутевой линии связи. Вместе с тем разработана и реализована схема компенсации остаточного релятивистского доплер эффекта. Во второй главе рассмотрена проблема компенсации атмосферных помех. Для этой задачи А. В. Белоненко освоил работу с ионосферами картами, различными моделями компенсации тропосферного сдвига. Третья глава содержит итоговый анализ накопленных данных измерений с космического аппарата «Радио-Астрон» за период с 2017 по 2019 гг. Оптимальная обработка этих данных по алгоритму максимального правдоподобия позволила существенно (на порядок) уменьшить значение параметра нарушения формулы ОТО для «редшифт эффекта». При выполнении исследований в диссертации автор очевидно продемонстрировал владение методами обработки РСДБ-наблюдений, цифровой обработкой сигналов и статистическим анализом шумов стандартов частоты.

Особого упоминания заслуживают личные качества исследователя, проявленные в ходе работы. А. В. Белоненко продемонстрировал способность к самостоятельной научной работе, умение выявлять сложные взаимосвязи и закономерности между различными параметрами, а также высокую инициативность в решении как поставленных задач, так и возникающих попутно проблем. Высокий уровень программирования и умение работать с научной литературой стали залогом успешного выполнения столь сложного эксперимента.

Считаю, что диссертационная работа Белоненко Алексея Вячеславича «Экспериментальное исследование релятивистских гравитационных эффектов на космических аппаратах с квантовыми стандартами времени и частоты» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым МГУ к кандидатским диссертациям, и может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (физико-математические науки).

22 мая 2023 года

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук,
профессор

В. Н. Руденко