

Взаимодействие гравитационных волн с резонатором Фабри-Перо в локально-лоренцевой системе отсчета

Тарабрин Сергей Павлович

аспирант

*Физический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия*

E-mail: tarabrin@phys.msu.ru

Введение

Для детектирования гравитационно-волнового излучения в диапазоне $10^2 - 10^3$ Гц используются наземные лазерные гравитационно-волновые антенны – интерферометры Майкельсона с длиной плеч от нескольких сот метров до нескольких километров [1]. Для усиления отклика на гравитационно-волновой сигнал в плечи интерферометров помещают резонаторы Фабри-Перо, зеркала которых играют роль пробных масс. В литературе было показано (см., например, [2]), что в рабочей области частот световое давление в расстроенном резонаторе Фабри-Перо приводит к возникновению частотно-зависимой оптико-механической жесткости, эффективно превращая свободные пробные массы детектора в линейные осцилляторы. Таким образом, появляется возможность производить резонансное детектирование гравитационных волн.

Тем не менее, учета силы светового давления при детектировании гравитационных волн с частотами больше 1 кГц, предсказываемых современными космологическими теориями [3], в литературе не производилось. Особый интерес вызывает рассмотрение оптической жесткости на частотах вблизи межмодового интервала резонатора Фабри-Перо (37.5 кГц для детекторов LIGO с длиной плеча 4 км).

Методы и результаты

В рамках общей теории относительности нами был произведен расчет взаимодействия резонатора Фабри-Перо с плоской гравитационной волной с учетом силы светового давления на зеркала при произвольном соотношении длины гравитационной волны и длины резонатора. Расчет производился в локально-лоренцевой системе отсчета входного зеркала резонатора, поскольку условие инерциальности пробных масс не выполняется в нашей задаче.

Было показано, что полученный нами отклик детектора есть сумма двух фазовых сдвигов циркулирующей световой волны, один из которых возникает при отражении от подвижного зеркала резонатора, а другой – из-за эффекта прямого взаимодействия гравитационной и световой волн. В уравнении движения пробной массы в поле слабой гравитационной волны сила светового давления была представлена в виде суммы четырех компонент: постоянной силы, флуктуационной силы (которая приводит к фотонному дробовому шуму после квантования электромагнитной волны), пондеромоторной силы, приводящей к явлению оптической жесткости, и общерелятивистской поправки на прямое взаимодействие световой и гравитационной волн. Рассмотрение отклика детектора вблизи частоты межмодового интервала резонатора Фабри-Перо показало, что для осуществления резонансного детектирования гравитационных волн в этой области частот необходимо увеличивать циркулирующую оптическую мощность и уменьшать значение пробной массы и полосы пропускания резонатора.

Литература

1. L. Ju, D.G. Blair, C. Zhao, Reports on Progress in Physics **63**, 1317 (2000).
2. F. Khalili, Physics Letters A **288**, 251 (2001); arXiv:gr-qc/0107084.
3. M. Maggiore, Physics Reports **331**, 283 (2000); arXiv:gr-qc/9909001.