

ДЕФОРМАЦИЯ МЕТРИКИ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ ПРИ ВРАЩЕНИИ В ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ

Alexander Rozenkevich

Adam Street, Building 3, Apartment 4, Jerusalem, Israel

АННОТАЦИЯ

Рассматривается кинематика безмассового пылевидного диска, совершающего вращение вокруг собственной оси и орбитальное движение вокруг внешнего центра масс. Получены аналитические выражения для релятивистской скорости точек диска и деформации метрики пространства-времени в радиальном направлении, соединяющем центры вращения, а также по азимутальному периметру диска. Проведены численные расчёты для параметров известных двойных пульсаров (PSR B1913+16, PSR J0737-3039A, PSR B1534+12, PSR J0348+0432), показывающие возникновение пространственной неоднородности метрики с характерными смещениями от 0.4 до 162 мм. Показано, что вращающаяся поверхность звезды последовательно проходит через области с различными локальными значениями метрики, что должно приводить к периодической модуляции локально измеряемых физических свойств материи. Обсуждается возможность экспериментального обнаружения эффекта методами пульсарного тайминга и спектрального анализа.

Ключевые слова: релятивистская кинематика, двойные пульсары, деформация метрики.

1. Введение

Переход к безмассовому пределу в теории гравитации физически не реализуется, однако он выявляет чистую метрику — геометрический закон, управляющий физическим состоянием и поведением материальных объектов. Чистая метрика (предел $m \rightarrow 0$) играет роль, аналогичную производной в математике. Реальных пределов в природе не существует,

однако введённые таким образом производные позволяют в математике определять наклоны касательных, а в физике — через идеализацию бесконечно малой инертности — исследовать эволюцию метрики и её влияние на движение материальных тел вдоль геодезических.

2. Постановка задачи

Рассмотрим безмассовый пылевидный диск, лежащий в плоскости **XУ**, который вращается вокруг двух осей, собственной центральной - с угловой скоростью ω_1 и вокруг орбитальной оси по окружности радиуса **R** с угловой скоростью ω_2 . Оси параллельны и ортогональны к плоскости **XУ**.

2.1 Решение для радиального направления, соединяющего центры вращения

Найдём аналитическое выражение для скорости точки диска, лежащей на расстоянии x от центра диска с координатами $(x,0,0)$:

$$V = \omega_2(R - x) + \omega_1 x$$

Или после преобразования :

$$V = \omega_2 R + (\omega_1 - \omega_2)x, \quad (1)$$

Смещение точки в направлении оси z составит [1] :

$$z(x) = -\frac{\sqrt{3}c}{2\Omega} \ln\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) \quad (2)$$

Здесь :

$$\Omega = \omega_1 + \omega_2$$

R – расстояние от главной оси вращения до центра диска

x - координата точки на диске , $y=0$

ω_1 —собственная угловая скорость диска

ω_2 - орбитальная угловая скорость диска

С учетом релятивистских эффектов суммарная мгновенная скорость равна:

$$V(x) = \frac{\omega_2(R - x) + \omega_1 x}{1 + \frac{\omega_1 \omega_2 x (R - x)}{c^2}} \quad (3)$$

Формула справедлива для момента времени, когда центр диска находится на оси X ($Y=0$), и рассматриваемая точка лежит на линии, соединяющей центры вращения самого диска и орбиты. В этот момент векторы скоростей от обоих вращений направлены вдоль оси Y, поэтому использована формула для случая коллинеарных скоростей.

На рис. 1 приведены примеры асимметричной деформации диска вдоль линии соединяющей центры вращения.

2.2 Решение по азимутальному периметру диска

Особый интерес представляет деформация диска по периметру. Скорость точки на периметре диска равна:

$$V = v_1 + v_2,$$

где:

$$v_1 = r\omega_1$$

$$v_2 = \omega_2 L,$$

$$L = \sqrt{R^2 + r^2 + 2Rr \cos(\omega_1 t)} \quad (4)$$

Здесь r - радиус диска

Используем релятивистскую формулу для мгновенной скорости по периметру диска, получаем:

$$V(\omega_1 t) = \frac{\omega_2 L + r\omega_1}{1 + \frac{\omega_2 L \cdot r\omega_1}{c^2}} \quad (5)$$

Смещение метрики по оси Z вычисляем по формуле (2).

3. Результаты численных расчетов деформации метрики по экваториальному периметру для двойных пульсаров

Деформация метрики по азимутальному периметру безмассового диска, совпадает с экваториальным периметром вращающейся звезды, поэтому для расчетов используем формулу (2) с подстановкой в нее формулы (5).

В таблице приведены расчетные данные амплитуды колебания деформации метрики $\Delta Z/2$ (ΔZ - размах колебания метрики) вдоль оси z , для некоторых известных пульсаров, параметры взяты из источников [2 - 6].

На графика (2, 3) представлены вычисленные по формуле (2) деформации метрики пульсара PSR B1913+16 и пульсара PSR J0737-3039A.

Таблица

Пульсар	r, m	R, m	ω_1	ω_2	ΔZ , mm
PSR B1913+16 пульсар+пульсар (?)	10000	2.80e+09	1.06e+02	2.25e-04	0.414
PSR J0737-3039A Пульсар A	10000	1.4e+9	2.77e+02	7.27e-4	114.8
PSR B1534+12 Пульсар + нейтронная звезда	10000	2.2e+9	43.6	4.38e-4	162
PSR J0348+0432 Пульсар + белый карлик	10000	1.5e+9	161	6.98e-4	133

Анализ таблицы и графиков показывает, что при вращении поверхность звезды проходит через разные локальные значения метрики.

Рассматриваемый эффект не является пульсацией метрики; метрика стационарна, однако её пространственная неоднородность вдоль периметра должна приводить к периодической модуляции локальных физических свойств материи на поверхности вращающейся звезды.

Таким образом, все участки вращающейся звезды испытывают динамическое воздействие, пульсацию, от деформации метрики.

Можно найти физическую аналогию пульсации: это не волна на воде, это движение тела по профилированной поверхности. Профиль неподвижен, но тело испытывает периодические ускорения и деформации.

Помимо пульсации локальных свойств, в условиях пространственно анизотропной стационарной метрики возможно медленное радиальное смещение объекта, обусловленное градиентом собственного времени.

Эффект изменения метрики, возникающий вследствие комбинированного вращательного и орбитального движения компактных объектов, приводит к фазовой модуляции сигналов, находящейся на пределе чувствительности современных наблюдательных методов. Наиболее перспективными каналами обнаружения представляются пульсарный тайминг и спектральный анализ, в то время как стандартные гравитационно-волновые детекторы требуют специализированных методов поиска монохроматических сигналов.

$$z(x) = -\frac{\sqrt{3}}{2(\omega_1 + \omega_2)} \ln(1 - V(x)^2), \text{ Where } V(x) = \frac{\omega_1 x + \omega_2(R-x)}{1 + \omega_1 \omega_2 x(R-x)}$$

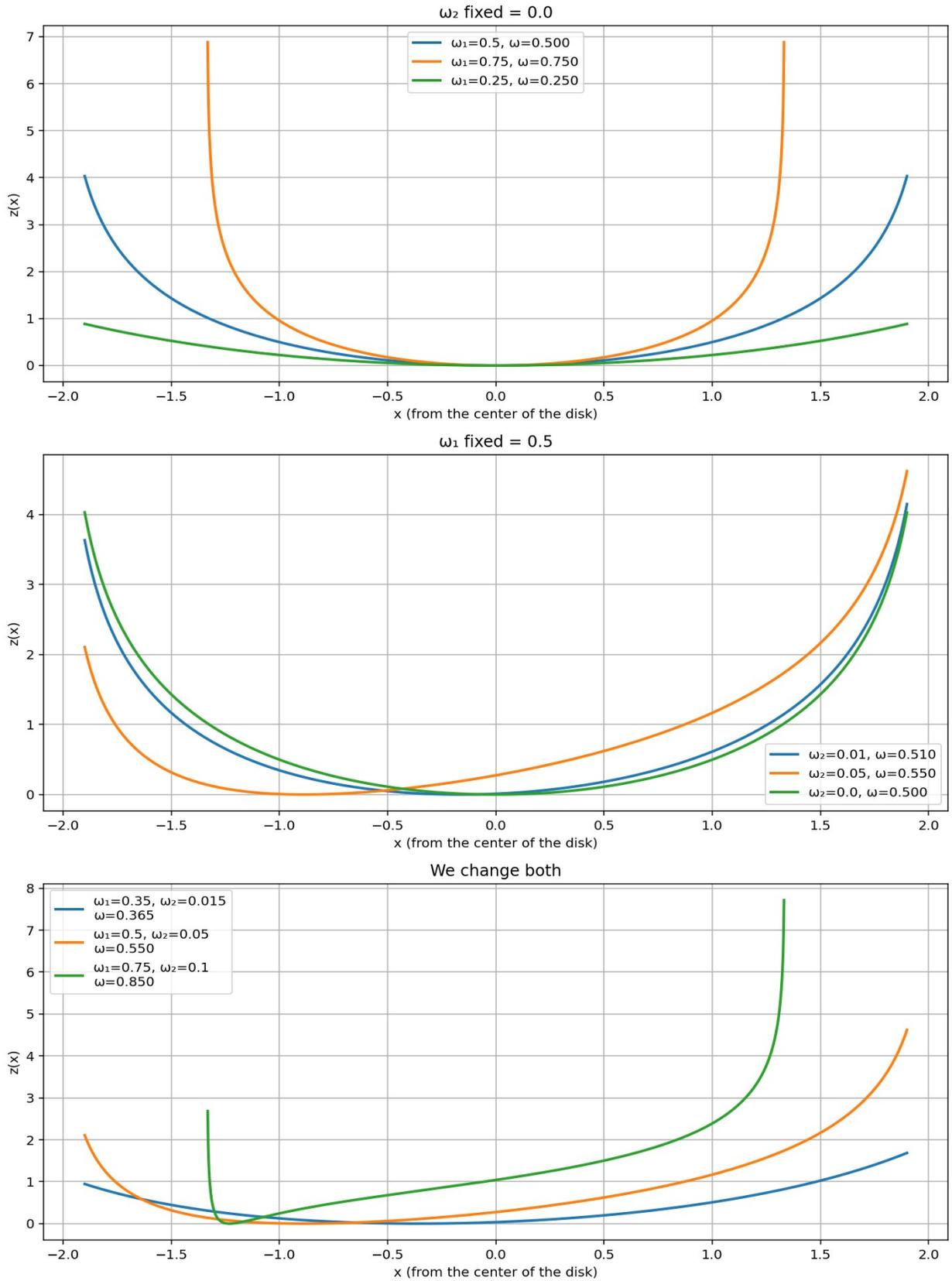


Fig.1

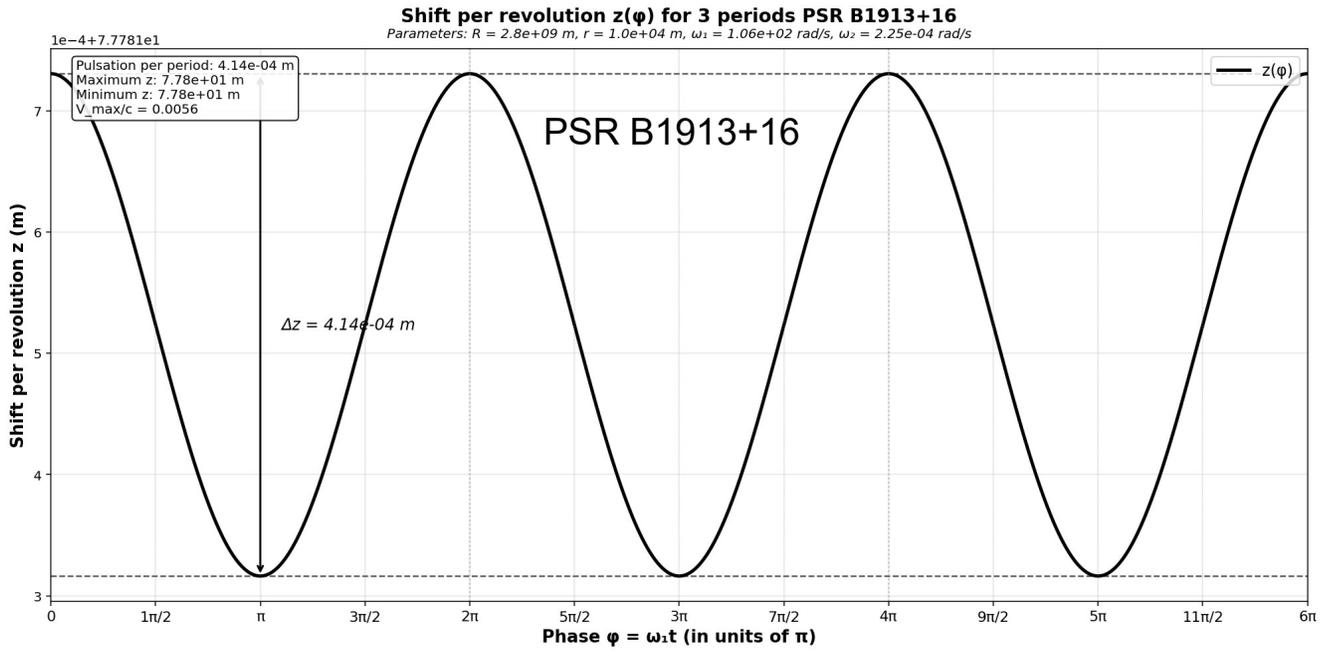


Fig.2

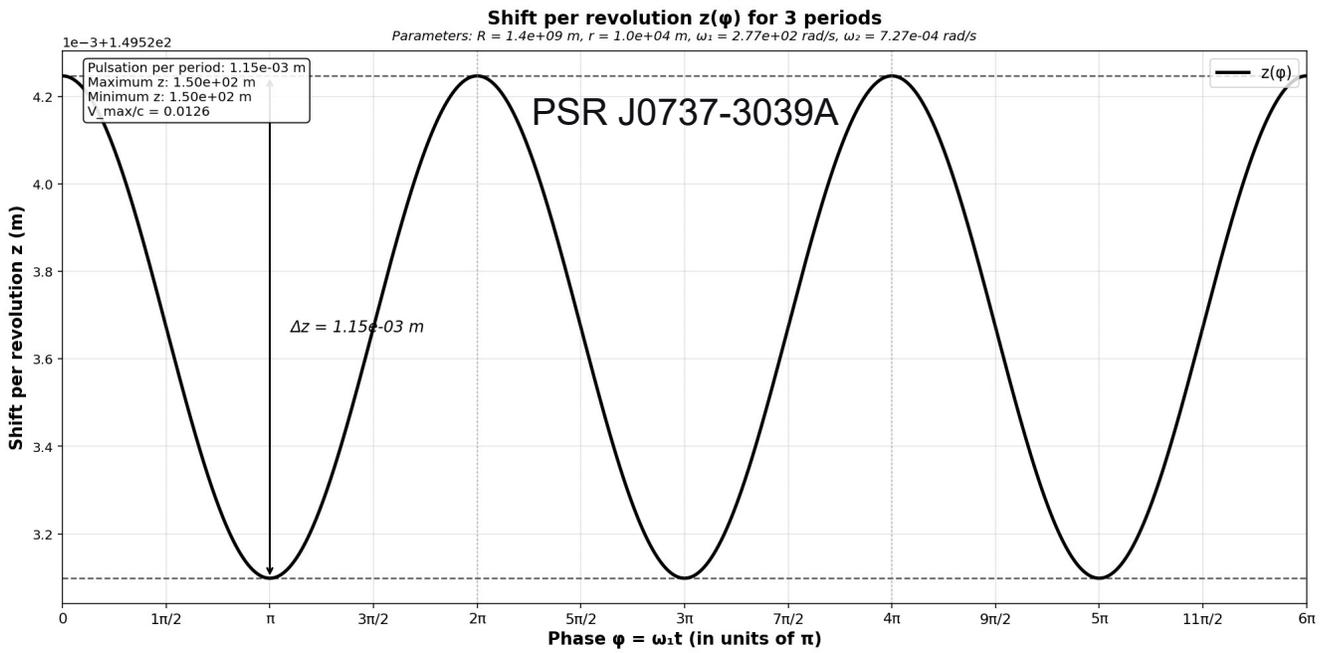


Fig.3

REFERENCES

- [1]. Rigidly Rotating Disk Dust in Special Relativity,
<https://vixra.org/abs/1107.0010>, July 4, 2011
- [2]. PSR B1913+16 (the Hulse-Taylor Binary Pulsar)
Weisberg and Taylor (2005), "The Relativistic Binary Pulsar B1913+16: Thirty Years of Observations and Analysis," *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, Vol. 328
Taylor and Weisberg (1989), "Further Experimental Tests of Relativistic Gravity Using the Binary Pulsar PSR 1913+16," *Astrophysical Journal*, 345, 434
- [3]. PSR J1748-2446ad (the Fastest Pulsar)
Hessels et al. (2006), "A Radio Pulsar Rotating at 716 Hz," *Science*, 311, 5768, 1901–1904
- [4]. Magnetar (SGR 1806–20)
Kouveliotou et al. (1998), "An X-ray pulsar with an ultrastrong magnetic field in the soft gamma-ray emission of the SGR 1806–20 repeater," *Nature*, 393, 235–237
- [5]. Pulsars with planets (PSR B1257+12)
Wolszczan and Freil (1992), "A planetary system around the millisecond pulsar PSR B1257+12," *Nature*, 355, 145–147
- [6]. Neutron star radius
Standard value ~ 10 km (1.0×10^4 m)
Özel and Freire (2016), "Masses, radii and the equation of state of neutron stars", *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 54, 401-440

Alexroz2008@ gmail.com