

Пирязев Игорь Олегович
Независимый исследователь
Piryazev Igor Olegovich
port10@ya.ru

**МОДЕЛЬ ОТВ2: ПЕРЕХОД ОТ СЛАБОПОЛЬНОЙ МЕТРИКИ ОТО
К ПОЛЮ ТЕМПА ВРЕМЕНИ Φ**
**OTV2 MODEL: TRANSITION FROM THE WEAK-FIELD METRIC OF GENERAL
RELATIVITY TO THE TEMPO FIELD AND THE OPTICAL SECTOR**

Аннотация: В работе рассматривается уточнённая формулировка модели ОТВ2, в которой первичной физической величиной является поле темпа физических процессов $\Phi(x, t)$ [1,2]. Показывается, что слабопольные результаты общей теории относительности могут быть переписаны через одно поле Φ , без введения пространственной кривизны как фундаментальной сущности. Для света поле задаёт эффективный показатель преломления $n_\Phi = \Phi^{-2}$

Abstract: This paper considers a refined formulation of the OTV2 model, in which the primary physical quantity is the tempo field of physical processes $\Phi(x, t)$ [1,2]. It is shown that the weak-field results of general relativity can be rewritten in terms of a single field Φ , without introducing spatial curvature as a fundamental entity. For slow matter, the field acts through the gradient $\nabla \ln \Phi$, reproducing Newtonian acceleration. For light, the field defines an effective refractive index $n_\Phi = \Phi^{-2}$

Ключевые слова: метрика ОТО, ОТВ2, Относительный темп времени, слабопольный предел, отклонение света, задержка Шапиро, оптический сектор, гравитация как градиент темпа.

Keywords: metric of general relativity, OTV2, tempo field of physical processes, weak-field limit, light deflection, Shapiro time delay, optical sector, gravity as a gradient of tempo.

1. Введение

В общей теории относительности гравитация описывается как искривление пространства-времени [3]. В слабопольном пределе это искривление проявляется через две части метрики: временную и пространственную. Медленное вещество в основном чувствует временную часть метрики, тогда как свет чувствует совместное действие временной и пространственной частей.

В модели ОТВ2 предлагается другой физический язык. Первичной величиной считается не метрика, а поле темпа физических процессов

$$\Phi(x, t) [1,2].$$

Это поле задаёт локальную скорость протекания физических процессов: атомных переходов, хода часов, частотных шкал и других элементарных процессов.

Исходная статья ОТВ2 уже содержала связь $dt = dt/\Phi$, слабопольную нормировку $\Phi = 1 - U/c^2$, ускорение через $-c^2 \nabla \ln \Phi$, эффективную метрику и показатель преломления $n_{\text{eff}} \approx 1 + 2U/c^2$ для задержки Шапиро. В данной работе эта схема уточняется: пространственная метрика больше не вводится как самостоятельное физическое искривление пространства, а световые эффекты описываются через оптическое действие поля Φ .

Главная задача статьи — показать, что ОТВ2 можно получить как физическую перепись слабопольной ОТО (схема на рис.1):

ОТО: $g_{00} + g_{ij} \rightarrow$ движение вещества и света,

$$\text{ОТВ2: } \Phi \rightarrow \begin{cases} g = -c^2 \nabla \ln \Phi, \\ n_\Phi = \Phi^{-2}. \end{cases}$$



ОТВ2: ПЕРЕХОД ОТ СЛАБОПОЛЬНОЙ МЕТРИКИ ОТО К ПОЛЮ ТЕМПА И ОПТИЧЕСКОМУ СЕКТОРУ

Диаграмма структуры модели

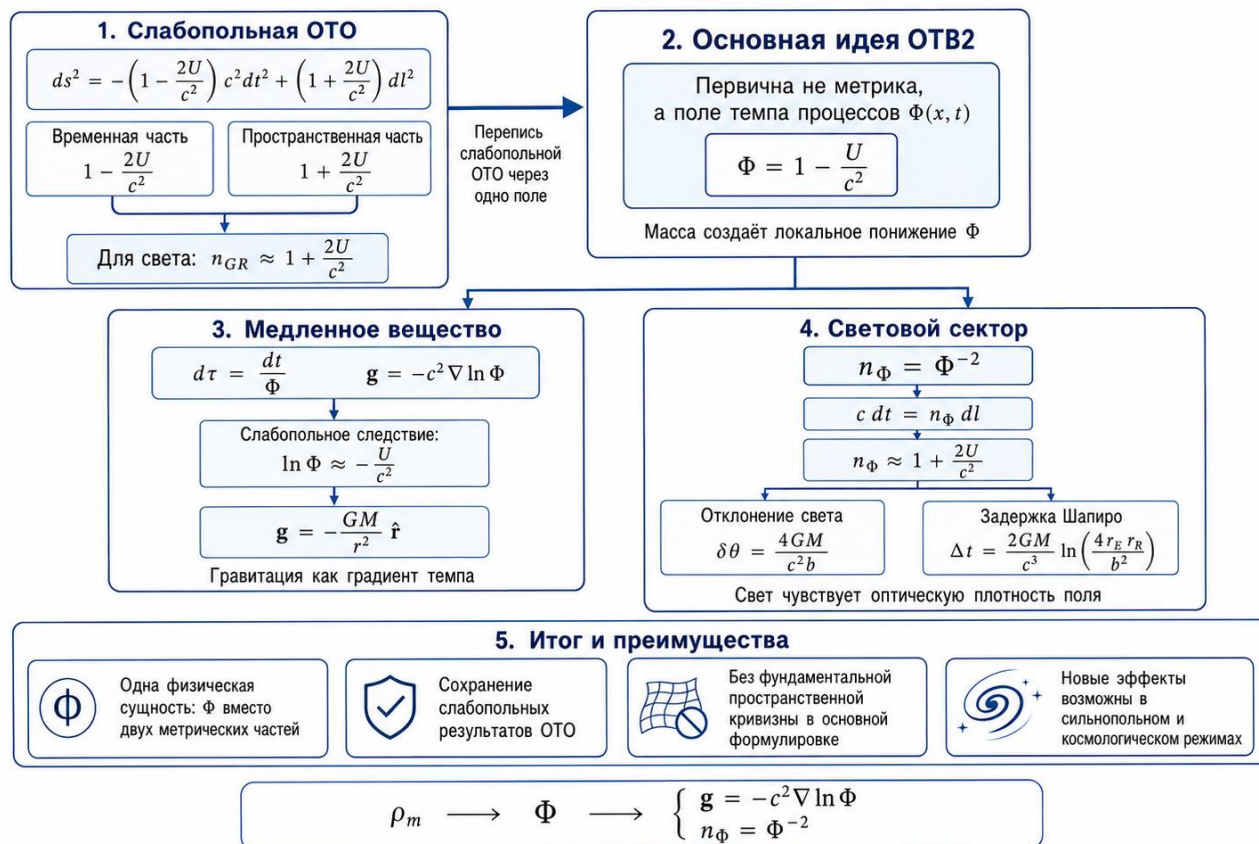


Рис.1 ОТВ2: Переход от слабопольной метрики ОТО к полю темпа Φ и оптическому сектору.

2. Слабопольная ОТО как исходная точка

В слабом гравитационном поле метрика ОТО может быть записана в виде

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2U}{c^2}\right) c^2 dt^2 + \left(1 + \frac{2U}{c^2}\right) dl^2,$$

где

$$U(r) = \frac{GM}{r}$$

— положительная глубина ньютоновского потенциала,

G

— гравитационная постоянная,

M

— масса источника,

r

— расстояние до центра массы,

c

— скорость света,

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

— обычный координатный пространственный элемент [4].



В этой записи видно, что ОТО использует две метрические поправки:

$$1 - \frac{2U}{c^2}$$

во временной части и

$$1 + \frac{2U}{c^2}$$

в пространственной части.

Для медленного вещества главным является временной множитель. Он даёт ньютоновское ускорение.

Для света используется условие

$$ds^2 = 0.$$

Из него получается

$$c dt = \sqrt{\frac{1 + 2U/c^2}{1 - 2U/c^2}} dl.$$

Следовательно, в ОТО свет в слабом поле можно описать через эффективный показатель преломления

$$n_{GR} = \sqrt{\frac{1 + 2U/c^2}{1 - 2U/c^2}}.$$

При условии

$$\frac{U}{c^2} \ll 1$$

получаем

$$n_{GR} \approx 1 + \frac{2U}{c^2}.$$

Именно этот коэффициент 2 обеспечивает полный световой результат ОТО:

$$\delta\theta = \frac{4GM}{c^2 b}$$

для отклонения света и

$$\Delta t = \frac{2}{c^3} \int U dl$$

для задержки Шапиро.

3. Основная идея ОТВ2

ОТВ2 делает другой шаг [1].

Вместо того чтобы считать первичными две метрические части

$$g_{00}$$

и

$$g_{ij},$$

вводится одно поле

$$\Phi(x, t).$$

Это поле имеет физический смысл: оно задаёт локальный темп физических процессов.

В слабом поле около массы принимается нормировка

$$\Phi = 1 - \frac{U}{c^2}.$$

Тогда вдали от массы

$$U \rightarrow 0, \quad \Phi \rightarrow 1.$$



Вблизи массы

$$U > 0, \quad \Phi < 1.$$

То есть масса создаёт локальное понижение поля темпа. Физически это означает замедление локальных процессов около массы.

4. Медленное вещество: гравитация как градиент поля

Для медленного вещества в ОТВ2 гравитационное ускорение задаётся формулой

$$g = -c^2 \nabla \ln \Phi.$$

Подставим слабополюсное выражение

$$\Phi = 1 - \frac{U}{c^2}.$$

Тогда

$$\ln \Phi = \ln \left(1 - \frac{U}{c^2} \right).$$

При

$$\frac{U}{c^2} \ll 1$$

имеем

$$\ln \Phi \approx -\frac{U}{c^2}.$$

Следовательно,

$$g = -c^2 \nabla \left(-\frac{U}{c^2} \right),$$

откуда

$$g = \nabla U.$$

Для точечной массы

$$U = \frac{GM}{r}.$$

Тогда

$$\nabla U = -\frac{GM}{r^2} \hat{r}.$$

Следовательно,

$$g = -\frac{GM}{r^2} \hat{r}.$$

Таким образом, ОТВ2 воспроизводит ньютоновский предел [5].

Это первый важный результат:

$$\Phi \rightarrow \nabla \ln \Phi \rightarrow g.$$

Медленное вещество не требует введения пространственной кривизны. Достаточно поля темпа и его градиента.

5. Световой сектор: поле как показатель преломления

Для света ситуация другая. Свет не является медленным веществом и не описывается обычным ньютоновским ускорением.

В ОТВ2 световой сектор задаётся через эффективный показатель преломления поля [1,6]:

$$n_{\Phi} = \frac{1}{\Phi^2}.$$

Это ключевое правило.

Оно означает, что свет чувствует поле Φ не как силу, а как оптическую плотность среды.



Свет распространяется по закону

$$c dt = n_{\Phi}(x) dl.$$

Или

$$dt = \frac{n_{\Phi}(x)}{c} dl.$$

Здесь

$$dl$$

остаётся обычной координатной длиной. Мы не обязаны говорить, что пространство физически искривилось. Меняется не пространство как фундаментальная сущность, а оптическая плотность поля, через которую проходит свет.

6. Почему получается $n_{\Phi} = \Phi^{-2}$

Это правило не является произвольным.

В слабом поле

$$\Phi = 1 - \frac{U}{c^2}.$$

Если бы мы взяли

$$n_{\Phi} = \frac{1}{\Phi},$$

то получили бы

$$n_{\Phi} = \frac{1}{1 - U/c^2} \approx 1 + \frac{U}{c^2}.$$

Этого недостаточно. Такой показатель дал бы только половину полного отклонения света и половину задержки Шапиро.

Но из слабополевой ОТО известно, что для света нужно

$$n \approx 1 + \frac{2U}{c^2} [7].$$

Поэтому минимальное простое правило должно давать именно коэффициент 2.

Берём

$$n_{\Phi} = \frac{1}{\Phi^2}.$$

Тогда

$$n_{\Phi} = \frac{1}{\left(1 - \frac{U}{c^2}\right)^2}.$$

Используем разложение

$$\frac{1}{(1-x)^2} \approx 1 + 2x.$$

При

$$x = \frac{U}{c^2}$$

получаем

$$n_{\Phi} \approx 1 + \frac{2U}{c^2}.$$

То есть правило

$$n_{\Phi} = \Phi^{-2}$$

точно воспроизводит слабополевой световой сектор ОТО.



Именно здесь видно, что ОТВ2 объединяет временную и пространственную роль метрики ОТО в одно поле:

$$\begin{aligned} \text{ОТО: } g_{00} + g_{ij} &\rightarrow n_{\text{GR}} \approx 1 + \frac{2U}{c^2}, \\ \text{ОТВ2: } \Phi &\rightarrow n_{\Phi} = \Phi^{-2} \approx 1 + \frac{2U}{c^2}. \end{aligned}$$

7. Отклонение света

Если показатель преломления неоднороден,

$$\nabla n_{\Phi} \neq 0,$$

то световой луч изгибается.

В слабом поле

$$n_{\Phi} - 1 \approx \frac{2U}{c^2}.$$

Для точечной массы

$$U = \frac{GM}{r}.$$

Луч проходит около массы с прицельным параметром

$$b.$$

В первом приближении угол отклонения равен интегралу поперечного градиента показателя преломления вдоль траектории:

$$\delta\theta \approx \int \nabla_{\perp} n_{\Phi} dl.$$

Так как

$$n_{\Phi} - 1 = \frac{2GM}{c^2 r},$$

получаем

$$\delta\theta = \frac{4GM}{c^2 b}.$$

Это стандартный результат ОТО [7].

Но физическая интерпретация другая.

В ОТО говорят: свет идёт по нулевой геодезической искривлённого пространства-времени.

В ОТВ2 говорят: свет проходит через неоднородное поле темпа Φ , которое создаёт неоднородный показатель преломления n_{Φ} . Поэтому траектория света изгибается.

8. Задержка Шапиро

Задержка Шапиро также возникает из показателя преломления [8].

Время прохождения света:

$$t = \frac{1}{c} \int n_{\Phi} dl.$$

Без гравитационного поля было бы

$$t_0 = \frac{1}{c} \int dl.$$

Дополнительная задержка:

$$\Delta t = \frac{1}{c} \int (n_{\Phi} - 1) dl.$$

В слабом поле

$$n_{\Phi} - 1 \approx \frac{2U}{c^2}.$$



Следовательно,

$$\Delta t = \frac{2}{c^3} \int U dl.$$

Для точечной массы это даёт

$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3} \ln \left(\frac{4r_E r_R}{b^2} \right),$$

где

— расстояние от массы до источника сигнала,

— расстояние от массы до приёмника,

— прицельный параметр.

Это снова стандартный результат ОТО, но полученный через оптическую плотность поля Φ , а не через фундаментальное искривление пространства.

9. Что именно ОТВ2 берёт из ОТО и что меняет

ОТВ2 не отвергает проверенные слабопольные результаты ОТО. Наоборот, она берёт их как обязательный предел [1,7].

Но ОТВ2 меняет физическую интерпретацию.

В ОТО:

материя → метрика → движение тел и света.

В ОТВ2:

$$\text{материя} \rightarrow \Phi \rightarrow \begin{cases} g = -c^2 \nabla \ln \Phi, \\ n_\Phi = \Phi^{-2}. \end{cases}$$

То есть слабопольная геометрия ОТО сжимается в одно поле.

Временная часть метрики ОТО переходит в темповую интерпретацию:

$$\Phi$$

как локальный темп физических процессов.

Пространственная часть метрики ОТО для света заменяется оптическим правилом:

$$n_\Phi = \Phi^{-2}.$$

Поэтому ОТВ2 можно рассматривать как физическую перепись слабопольной ОТО:

$$(g_{00}, g_{ij}) \Rightarrow \Phi.$$

10. Почему это не нарушает физические принципы

ОТВ2 не нарушает физические принципы при следующих условиях.

Во-первых, локально скорость света остаётся равной c . Показатель преломления n_Φ описывает координатное время прохождения света через неоднородное поле, а не изменение фундаментальной локальной скорости света.

Во-вторых, ускорение медленных тел не зависит от массы пробного тела:

$$g = -c^2 \nabla \ln \Phi.$$

Это сохраняет слабую форму принципа эквивалентности [9].

В-третьих, световые эффекты совпадают с проверенными результатами ОТО в слабом поле:

$$\delta\theta = \frac{4GM}{c^2 b},$$
$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3} \ln \left(\frac{4r_E r_R}{b^2} \right).$$



В-четвёртых, пространственная длина dl не объявляется физически искривлённой. Она остаётся координатной длиной. Физический эффект переносится в поле Φ и его оптическое действие.

Поэтому правильная формулировка такая:

не $\Phi +$ искривление пространства,

а

$\Phi \rightarrow$ ускорение вещества

и

$\Phi \rightarrow$ оптическое преломление света.

11. Преимущества такой формулировки

11.1. Первична физическая величина

В ОТО первичной является метрика [10]:

$$g_{\mu\nu}.$$

Это геометрическая величина.

В ОТВ2 первичной является поле

$$\Phi(x, t).$$

Оно имеет физический смысл: локальный темп процессов. Это делает модель более наглядной физически.

11.2. Одна сущность вместо двух метрических частей

В слабополевой ОТО для света нужны две части:

$$g_{00}$$

и

$$g_{ij}.$$

В ОТВ2 их действие объединяется в одном поле:

$$\Phi.$$

Для вещества:

$$\Phi \rightarrow g.$$

Для света:

$$\Phi \rightarrow n_{\Phi}.$$

11.3. Сохранение проверенных результатов

ОТВ2 воспроизводит:

$$g = -\frac{GM}{r^2} \hat{r},$$
$$\delta\theta = \frac{4GM}{c^2 b},$$
$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3} \ln\left(\frac{4r_E r_R}{b^2}\right).$$

То есть в слабом поле она не конфликтует с классическими тестами ОТО.

11.4. Возможность новых эффектов

Новые эффекты появляются не в первом слабополевом приближении, а в более глубоких режимах.

Например, точное выражение

$$n_{\Phi} = \frac{1}{\left(1 - \frac{U}{c^2}\right)^2}$$



имеет разложение

$$n_{\Phi} = 1 + \frac{2U}{c^2} + \frac{3U^2}{c^4} + \dots$$

Первый член совпадает с ОТО в слабом поле. Но следующие члены могут отличаться от точной сильнополевой ОТО, если поле Φ не воспроизводит полностью шварцшильдову геометрию.

Следовательно, отличия ОТВ2 следует искать там, где

$$\frac{U}{c^2}$$

уже не является малым параметром, то есть около нейтронных звёзд, чёрных дыр, компактных объектов и в сильном линзировании.

Также отличия могут появиться в космологии, если глобальное поле

$$\bar{\Phi}(a)$$

меняется с эпохой. Тогда ОТВ2 может давать новые эффекты в расстояниях, красных смещениях, росте структур и линзировании.

12. Новая структура слабополевой ОТВ2

Итоговая слабополевая схема модели имеет вид:

$$\rho_m \rightarrow \Phi.$$

Далее идут два сектора.

Для медленного вещества:

$$\Phi \rightarrow g = -c^2 \nabla \ln \Phi.$$

Для света:

$$\Phi \rightarrow n_{\Phi} = \Phi^{-2}.$$

В слабом поле:

$$\Phi = 1 - \frac{U}{c^2}.$$

Тогда:

$$g = -\frac{GM}{r^2} \hat{r},$$

$$n_{\Phi} \approx 1 + \frac{2U}{c^2},$$

$$\delta\theta = \frac{4GM}{c^2 b},$$

$$\Delta t = \frac{2}{c^3} \int U dl.$$

Эта структура показывает, что ОТВ2 сохраняет слабополевые результаты ОТО, но заменяет их геометрическую интерпретацию на полевую [1].

13. Вывод

В данной работе показано, что модель ОТВ2 может быть сформулирована как физическая перепись слабополевой ОТО через одно поле темпа процессов Φ .

В ОТО световой эффект возникает из совместного действия временной и пространственной частей метрики. В ОТВ2 это совместное действие заменяется одним правилом:

$$n_{\Phi} = \Phi^{-2}.$$

При слабополевой нормировке

$$\Phi = 1 - \frac{U}{c^2}$$



получается

$$n_{\Phi} \approx 1 + \frac{2U}{c^2},$$

что воспроизводит отклонение света и задержку Шапиро.

Для медленного вещества поле действует через

$$g = -c^2 \nabla \ln \Phi,$$

что даёт ньютоновский предел.

Таким образом, ОТВ2 объединяет временную и пространственную роль слабополюной метрики ОТО в одну физическую сущность — поле темпа процессов. Пространственная кривизна больше не вводится как самостоятельная фундаментальная величина; её световой эффект заменяется оптической плотностью поля Φ .

Главное преимущество такой формулировки состоит в том, что модель исходит из физически интерпретируемой величины и одновременно сохраняет проверенные слабополюные результаты ОТО. Возможные отличия ОТВ2 следует искать в нелинейном, сильнополюном и космологическом режимах поля Φ [7].

Литература

1. Пирязев И.О., Модель ОТВ2 (Относительный Темп Времени 2): слабополюный предел и гравитационные тесты //Вектор научной мысли: научный журнал. Апрель 2026.-СПб., Изд.МИПИ им. Ломоносова -2026. №4(33). - DOI статьи: 10.58351/2949- 2041.2026.33.4.025
2. Пирязев И.О., Модель ОТВ2 (Относительный Темп Времени 2): Космология темпа процессов без тёмной энергии //Вектор научной мысли: научный журнал. Май 2026.-СПб., Изд.МИПИ им. Ломоносова -2026. №5(34). - DOI статьи: 10.58351/2949- 2041.2026.34.5.010
3. Misner C. W., Thorne K. S., Wheeler J. A. *Gravitation*. W. H. Freeman, 1973. Источник подходит для общего утверждения об ОТО как геометрической теории гравитации.
4. Weinberg S. *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*. Wiley, 1972. Источник подходит для слабополюного предела, связи ОТО с ньютоновской гравитацией и стандартной метрической записи.
5. Landau L. D., Lifshitz E. M. *The Classical Theory of Fields*. Источник подходит для связи слабополюной релятивистской гравитации с ньютоновским пределом.
6. Schneider P., Ehlers J., Falco E. E. *Gravitational Lenses*. Springer, 1992. Источник подходит для оптического языка гравитационного линзирования и распространения света в гравитационном поле.
7. Will C. M. *The Confrontation between General Relativity and Experiment*. Living Reviews in Relativity, 2014. Источник подходит для световых тестов ОТО, PPN-параметра γ (gamma), отклонения света, задержки Шапиро и проверки слабополюного предела.
8. Shapiro I. I. *Fourth Test of General Relativity*. Physical Review Letters, 1964. Классический источник для задержки Шапиро.
9. Will C. M. *Theory and Experiment in Gravitational Physics*. Cambridge University Press, 1993. Источник подходит для принципа эквивалентности, PPN-формализма и экспериментальных ограничений на альтернативные теории гравитации.
10. Carroll S. M. *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. Источник подходит для утверждений о метрике как основной геометрической величине в ОТО и для слабополюной формулировки.

