

исследования испарения чёрных дыр, рождения частиц в космологии показывают, что квантовая теория полей (не гравитационных) приводит к эффективному видоизменению ур-ний Эйнштейна. Наконец, в совр. объединённых теориях взаимодействия элементарных частиц плотность энергии вакуума может быть отлична от нуля и, следовательно, обладать собств. гравитац. полем.

Всё это свидетельствует о том, что создание квантовой теории Г. в. невозможно без учёта др. фундам. взаимодействий и, наоборот, теория др. взаимодействий не будет полна и свободна от внутр. противоречий без учёта Г. в. Достигнуть подобного объединения Г. в. с др. взаимодействиями, возможно, удастся в рамках интенсивно развивающейся теории струн.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 6 изд., М., 1973; Сахаров А. Д., Вакуумные квантовые флуктуации в искривлённом пространстве и теория гравитации, «ДАН СССР», 1967, т. 177, с. 70; Марков М. А., О природе материи, М., 1976; Мизнер Ч., Торн К., Уилер Д. н., Гравитация, пер. с англ., т. 1—3, М., 1977; Альберт Эйнштейн и теория гравитации. Сб. ст., М., 1979; Гриб А. А., Мамачев С. Г., Мостепаненко В. М., Квантовые эффекты в интенсивных внешних полях, М., 1980; Sivaram S., Sinha K. P., Strong spin-two interaction and general relativity, «Phys. Repts», 1979, v. 51, p. 113; Adler S. L., Einstein gravity as a symmetry-breaking effect in quantum field theory, «Revs. Mod. Phys.», 1982, v. 54, p. 729. В. А. Березин.

ГРАВИТАЦИОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ — см. *Гравитационные волны.*

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ — то же, что поле тяготения. См. *Тяготение.*

ГРАВИТАЦИОННОЕ СМЕЩЕНИЕ — изменение частоты эл.-магн. излучения при его распространении в гравитац. поле. См. в ст. *Красное смещение.*

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ — изменения гравитац. поля, распространяющиеся в пространстве с фундам. скоростью c . Г. в. излучаются массами, движущимися с перем. ускорением. Подобно электродинамике, предсказывающей существование не связанного с зарядами свободного эл.-магн. поля — электромагнитных волн, релятивистская теория гравитации — общая теория относительности (ОТО) — предсказывает существование не связанного с массами свободного гравитац. поля — Г. в. Воздействуя на тела, Г. в. должны вызывать относит. смещение их частей (деформацию тел). На этом явлении основаны попытки обнаружения Г. в., однако они до сих пор не обнаружены из-за чрезвычайно малой интенсивности и крайне слабого взаимодействия с веществом.

Распространение Г. в. Слабые Г. в. представляют собой возмущения гравитац. поля, к-рые описываются симметричным тензором второго ранга $h_{\mu\nu}$, соответствующим малым возмущениям метрики Минковского (см. *Минковского пространство-время*) $\eta_{\mu\nu}$ ($|h_{\mu\nu}| \ll 1$):

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}, \quad \mu, \nu = 0, 1, 2, 3. \quad (1)$$

Тензор $h_{\mu\nu}$ рассматривается как тензорное поле на фоне плоского пространства-времени, при этом все операции поднятия и опускания тензорных индексов производятся с помощью невозмущённого метрического тензора $\eta_{\mu\nu}$.

При определ. выборе системы отсчёта (или при определ. калибровке), аналогичной лоренцевой калибровке в электродинамике, на $h_{\mu\nu}$ налагаются дополнит. условия:

$$\frac{\partial \bar{h}_{\mu\nu}}{\partial x^\nu} = 0, \quad (2)$$

где $\bar{h}_\mu^\nu = h_\mu^\nu - \frac{1}{2} \delta_\mu^\nu h$, $h = h_\mu^\mu = \eta^{\mu\nu} h_{\mu\nu}$, δ_μ^ν — символ Кронекера (по совпадающим верхнему и нижнему индексам производится суммирование). В этой калибровке линейаризованные уравнения Эйнштейна в пустоте сводятся к волновому ур-нию для $h_{\mu\nu}$:

$$\square h_\mu^\nu \equiv \left(\Delta - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) h_\mu^\nu = 0, \quad (3)$$

где \square — Д'Аламбера оператор, Δ — Лапласа оператор.

В малой области пространства-времени Г. в. можно считать плоской. Если в качестве оси x выбрать направление распространения волны, то подходящим выбором системы отсчёта можно обратиться в нуль все компоненты $h_{\mu\nu}$, кроме компонент $h_{22} = -h_{33} = h_+$ и $h_{23} = h_{32} = h_\times$, т. е. Г. в. является поперечной, а поляризация волны определяется след. двумерным тензором второго ранга в плоскости yz :

$$h_{ab} = \begin{pmatrix} h_+ & h_\times \\ h_\times & -h_+ \end{pmatrix}, \quad a, b = 2, 3. \quad (4)$$

Компоненты h_+ и h_\times описывают две независимые поляризации Г. в., к-рые отличаются друг от друга поворотом на угол $\pi/4$ в плоскости yz (рис. 1).

Если в отсутствие Г. в. квадрат расстояния между соседними пробными частицами равен

$$dl_0^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2, \quad (5)$$

то в волне расстояние оказывается переменным:

$$dl^2 = dl_0^2 + h_+ (dy^2 - dz^2) + 2h_\times dx dy. \quad (6)$$

Из (6) становится ясным физ. смысл величин h_+ и h_\times : этими величинами определяются относит. смещения

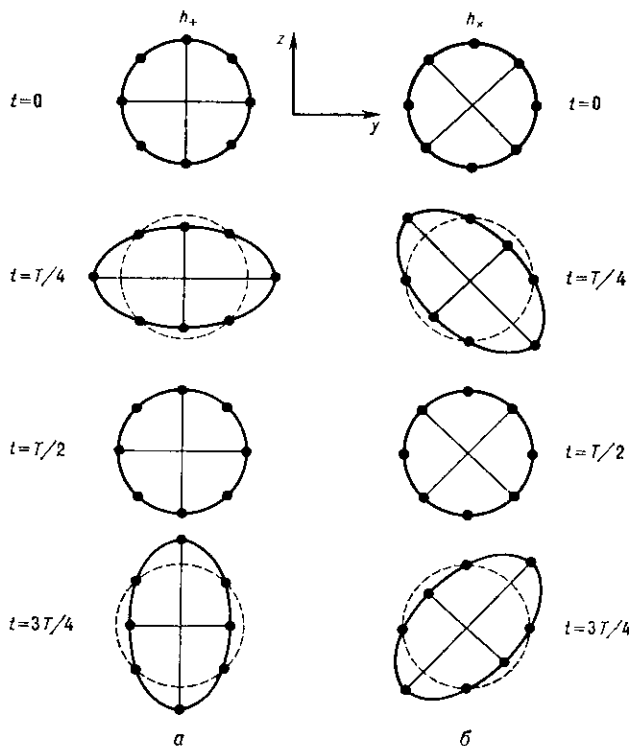


Рис. 1. Смещение пробных частиц в поляризованной гравитационной волне для двух независимых поляризаций. До начала прохождения волны частицы располагались на окружности. Каждый рисунок показывает последовательные положения частиц через четверть периода волны.

(а также относит. скорости и ускорения) пробных частиц в гравитац. волне (рис. 1).

Поток энергии в Г. в. направлен вдоль оси распространения волны и равен

$$t^{0x} = \frac{c^2}{16\pi G} (\dot{h}_+^2 + \dot{h}_\times^2), \quad (7)$$

где G — гравитац. постоянная.

Величина (7) представляет собой компоненту т. н. псевдотензора энергии-импульса гравитац. поля.