

Гравитация как градиент времени: академические источники

Утверждение: обычное падение тел вызвано неоднородностью (градиентом) течения времени. Это фундаментальный способ объяснения гравитации в рамках общей теории относительности (ОТО). Помимо Эйнштейна, эту мысль подробно разбирали, доказывали математически и популяризировали многие выдающиеся физики XX–XXI веков.

Ниже приведены конкретные труды и авторы, которые утверждают и доказывают именно это:

1. Карло Ровелли (Carlo Rovelli) — «Порядок времени» (The Order of Time, 2018)

Итальянский физик-теоретик, один из создателей теории петлевой квантовой гравитации, сформулировал эту мысль максимально прямо и поэтично: [\[1\]](#)

«Предметы падают вниз именно из-за этого замедления времени. Там, где время течет равномерно (в межпланетном пространстве), вещи не падают — они парят. Здесь же, на поверхности нашей планеты, предметы падают вниз, потому что внизу время замедлено Землей... Если наши ноги прижимаются к мостовой, то это потому, что все наше тело естественным образом наклоняется туда, где время течет медленнее, — а для ваших ног время течет медленнее, чем для вашей головы». [\[2\]](#)

2. Чарльз Мизнер, Кип Торн, Джон Уилер — Учебник «Гравитация» (Gravitation, 1973)

Это главная в мире академическая «библия» по теории относительности. Нобелевский лауреат Кип Торн и его соавторы посвятили целый раздел ньютоновскому пределу ОТО.

- **Суть работы:** Авторы строго математически выводят, что для медленно движущихся тел (таких как падающее яблоко или летящий камень) пространственное искривление метрики почти не играет роли.
- Ускорение свободного падения выводится исключительно из **компоненты** g_{00} (которая отвечает за *локальный темп времени*). Позже в своих популярных книгах (например, «Черные дыры и складки времени») Кип Торн объяснял, что суть гравитации на Земле — это стремление материи туда, где время идет медленнее.

3. Лев Ландау и Евгений Лифшиц — «Теория поля» (Том 2 «Курса теоретической физики»)

Классический советский академический учебник, по которому учились поколения физиков в СССР и России.

- **Суть работы:** В параграфах, посвященных нерелятивистскому движению в гравитационном поле, авторы показывают переход от ОТО к механике Ньютона.
- Они математически доказывают, что ньютоновский потенциал Φ — это не что иное, как малая добавка к ходу времени: $g_{00} \approx -(1 + \frac{2\Phi}{c^2})$. Изменение этого потенциала в пространстве ($\nabla\Phi$), то есть **градиент времени**, и порождает силу тяжести.

4. Льюис Кэрролл Эпштейн — «Теория относительности в картинках» (Relativity Visualized, 1981)

Американский физик создал одну из лучших визуализаций ОТО без сложных уравнений. [3]

- **Суть работы:** Эпштейн объясняет, что все объекты во Вселенной постоянно движутся в четырехмерном пространстве-времени со скоростью света. [3]
- Когда объект покоится на Земле, его движение направлено целиком в координату времени. Но поскольку вблизи Земли время течет с разной скоростью на разной высоте, траектория движения объекта «заваливается» (претерпевает уклон) в сторону более медленного времени. Этот **«темпоральный уклон» мы и воспринимаем как падение вниз.** [4]

5. Ричард Фейнман — «Фейнмановские лекции по физике» (Том 2) и «Лекции по гравитации»

Фейнман детально разбирал принцип эквивалентности и замедление времени. На примере мысленных экспериментов с часами, установленными на разной высоте, он показывал, что разница в темпе хода часов напрямую связана с совершаемой гравитацией механической работой. Он подчеркивал, что локальное изменение хода времени — это и есть рабочий механизм того, что Ньютон называл «силой притяжения». [5]

Ссылки

[1] PagePlace — preview of Carlo Rovelli, *The Order of Time* —

https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780241292532_A31102619/preview-9780241292532_A31102619.epub

[2] Discover Magazine — *Now Means Nothing: How Time Works in Our Universe* —

<https://www.discovermagazine.com/now-means-nothing-how-time-works-in-our-universe-2550>

[3] Reddit / r/AskPhysics — *Relativity Visualized by Epstein* —

https://www.reddit.com/r/AskPhysics/comments/1omqigb/relativity_visualized_by_epstein/

[4] Medium — *How the Geometry of Spacetime Causes Things to Fall* — <https://medium.com/math-simplified/how-the-geometry-of-spacetime-causes-things-to-fall-fd5e32c70082>

[5] Physics World — *Gravity's effect on time confirmed* — <https://physicsworld.com/a/gravitys-effect-on-time-confirmed/>