

ФИЗИКА

УДК 530.1

О ПРОТИВОРЕЧИВОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ,
ПОДТВЕРЖДАЮЩИХ НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ
ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ*

© 2001 г. В. В. Окороков

Представлено академиком С.Т. Беляевым 01.02.2001 г.

Поступило 07.02.2001 г.

При подготовке обоснования экспериментов по использованию в фундаментальных исследованиях эффекта когерентного возбуждения уровней быстрых атомов или релятивистских ядер, пролетающих через кристалл [1–4], в частности связанных с возможностью проверки принципа эквивалентности гравитационного поля и ускоренной системы отсчета при ускорениях $a \sim 10^{20} - 10^{21}$ см/с², а также при анализе соотношений возможных результатов таких экспериментов с уже известными экспериментами по проверке некоторых выводов общей теории относительности (ОТО) автор столкнулся с любопытной и парадоксальной ситуацией.

Многочисленные обсуждения автора в течение довольно длительного времени, к сожалению, не привели к мало-мальски вразумительному научному прояснению парадоксальности ситуации. Поэтому автор считает необходимым этим сообщением привлечь внимание научной общественности к данному вопросу.

Широко известно, что предсказания ОТО, касающиеся изменения частоты фотонов при движении в направлении градиента гравитационного потенциала, а также изменения хода времени в точках с разным гравитационным потенциалом, получили свое подтверждение в экспериментах, ставших уже классическими [5–9].

Гравитационный сдвиг частоты фотона $\frac{\Delta v}{v} = \frac{gH}{c^2}$

измерялся в известных экспериментах Паунда и Ребки [5, 6] и Вессо и Левина [7] (рис. 1).

Изменение частоты фотонов Δv (испускаемых ядрами ⁵⁷Fe [5, 6] или атомами водорода в водородном стандарте частоты (ВСЧ) [7]) при подъеме (или падении) на высоту H в гравитационном

поле детектировалось с помощью сравнения с опорной частотой "генератора", расположенного в точке регистрации фотона. В работе [5, 6] "генератором" опорной частоты на высоте H являлись ядра ⁵⁷Fe (тождественные ядрам-излучателям фотонов с энергией 14 кэВ при $H = 0$), в работе Вессо и Левина [7] ВСЧ, тождественный ВСЧ-излучателю фотонов, расположенному на Земле.

В обоих случаях, как само собой разумеющееся, предполагалась независимость расстояния между уровнями ядер [5, 6] и атомов [7] от величины гравитационного потенциала (ГП).

Напомним, что стабильность частоты излучаемых фотонов и точность фиксации частоты регистрируемых фотонов однозначно определяются стабильностью расстояния между уровнями ядер [5, 6] и атомов [7]. Без этого молчаливо подразумеваемого предположения о независимости положения уровней от величины ГП трактовка (и даже выполнение!) этих экспериментов невозможна – малый сдвиг частоты фотона можно обнаружить только путем сравнения их частоты с неизменной опорной частотой, определяемой неизменным расстоянием между уровнями ядер или атомов.

Возможны, по-видимому, три альтернативных варианта трактовки результатов экспериментов, исследующих гравитационный сдвиг частоты фотонов:

а) частота фотона при подъеме в поле Земли изменяется в полном соответствии с формулой, предсказываемой ОТО, $\frac{\Delta v}{v} = \frac{gH}{c^2}$, а положение уровней ядер и атомов не зависит от ГП;

б) частота фотона не меняется, а уровни ядер и атомов отслеживают изменение ГП в соответствии с зависимостью $\frac{\Delta v}{v} = \frac{gH}{c^2}$;

в) меняются и частота фотонов, и уровни ядер; в этом случае возможны различные варианты в

*Предварительное сообщение дано в препринте ИТЭФ 27-98.

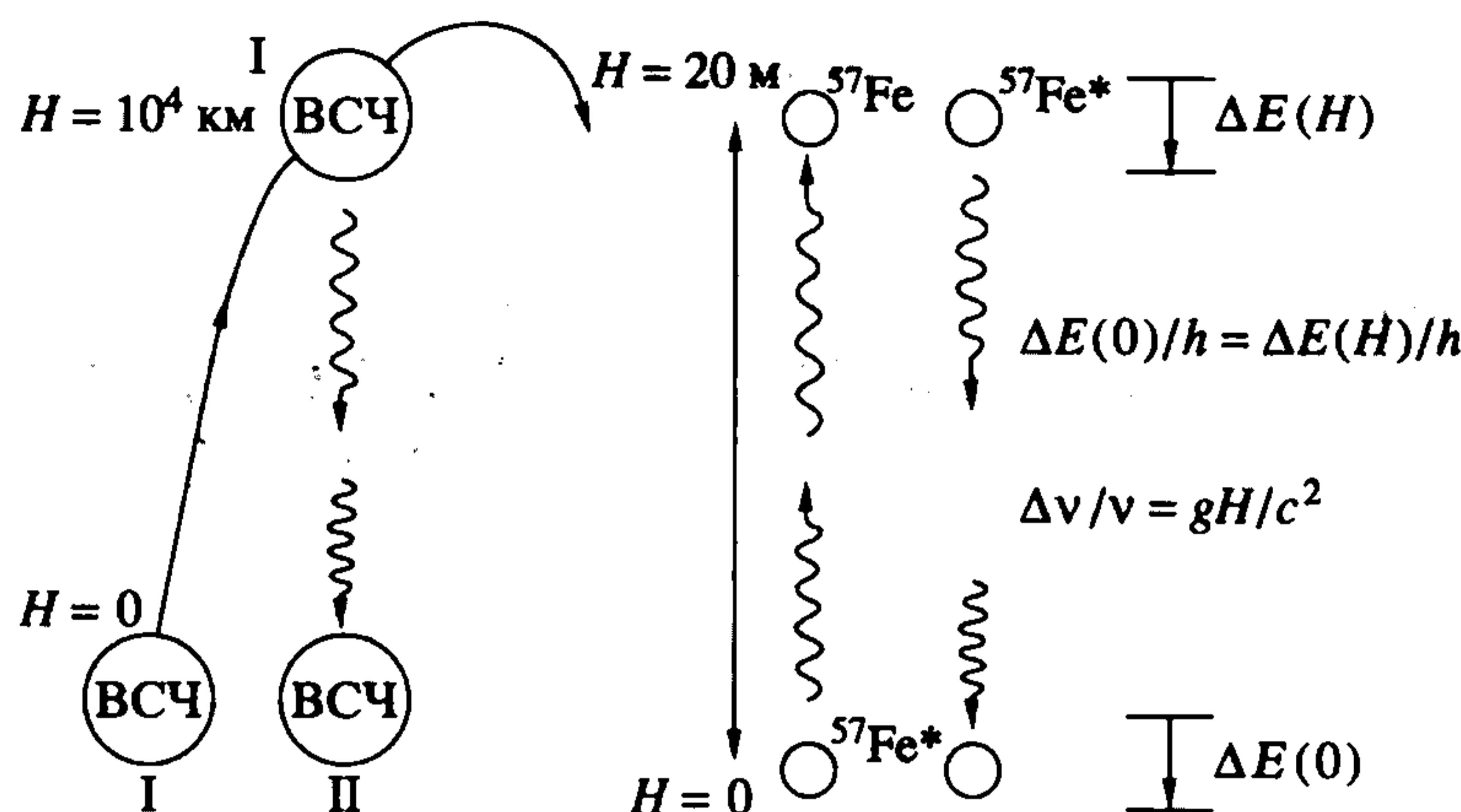


Рис. 1. Гравитационное смещение частоты фотонов [5, 6].

зависимости от знака и величины этих изменений при перемещении в гравитационном поле.

Как видно из работ [5–7], в них молчаливо и без тени сомнения принимается вариант а).

Эффект зависимости хода времени от значения ГП (количественно эта зависимость дается

формулой-близнецом $\frac{\Delta T}{T} = \frac{gH}{c^2}$) исследовался в

экспериментах [7–9] путем сравнения показаний двух высокоточных стандартов частоты в точке с одним значением ГП с последующим подъемом одного из стандартов частоты на некоторое время в точку с другим значением ГП (на высоту H порядка нескольких километров).

Расхождение показаний этих приборов после сведения их в первоначальную точку (рис. 2) количественно подтверждает зависимость хода времени от ГП, предсказываемую ОТО.

Трактовка этих экспериментов однозначно связана с тем, что положение уровней атомов (задающих темп хода стандартов частоты) зависит

от значения ГП, в котором эти атомы находятся – атомы здесь выступают как “часы”, измеряющие ход времени на разных высотах в гравитационном поле Земли. Тем самым трактовка известных экспериментов Паунда и Ребки [5], а также Вессо и Левина [6] основана на “само собой разумеющихся” допущениях (неизменность уровней атомов и ядер при изменении ГП), диаметрально противоположных широко известному выводу ОТО об изменении хода времени в точках с разным ГП. Этот вывод также имеет экспериментальное подтверждение в работах [7–9], из которых следует, что уровни, по крайней мере, атомов изменяются в зависимости от ГП (атомы – часы, отслеживающие изменение ГП!).

Таким образом, положительные результаты экспериментов по гравитационному смещению частоты фотонов с одной стороны [5–7], и экспериментов по гравитационному изменению хода времени [8–10], с другой, к сожалению, несовместимы.

Если уровни атомов и ядер не зависят от ГП, то эксперименты [5–7] должны давать положительный результат, а эксперименты [8–10] – отрицательный; если же положение уровней атомов и ядер зависит от ГП, эксперименты [5–7] не могут дать положительный результат, который дают эксперименты [8–10]. Одновременное получение положительных результатов в экспериментах [5–7] и [8–10] невозможно, так как уровни атомов и ядер не могут одновременно и зависеть, и не зависеть от значения ГП.

Возникающая практически на “пустом месте” довольно-таки парадоксальная и проблематичная ситуация тянет за собой цепочку важных физических следствий, которые пока преждевременно обсуждать. Но об одном напомнить следует: именно движение в эффективном гравитационном поле, вызванном ускорением (принцип эквивалентности!), является основой парадокса близнецов [11].

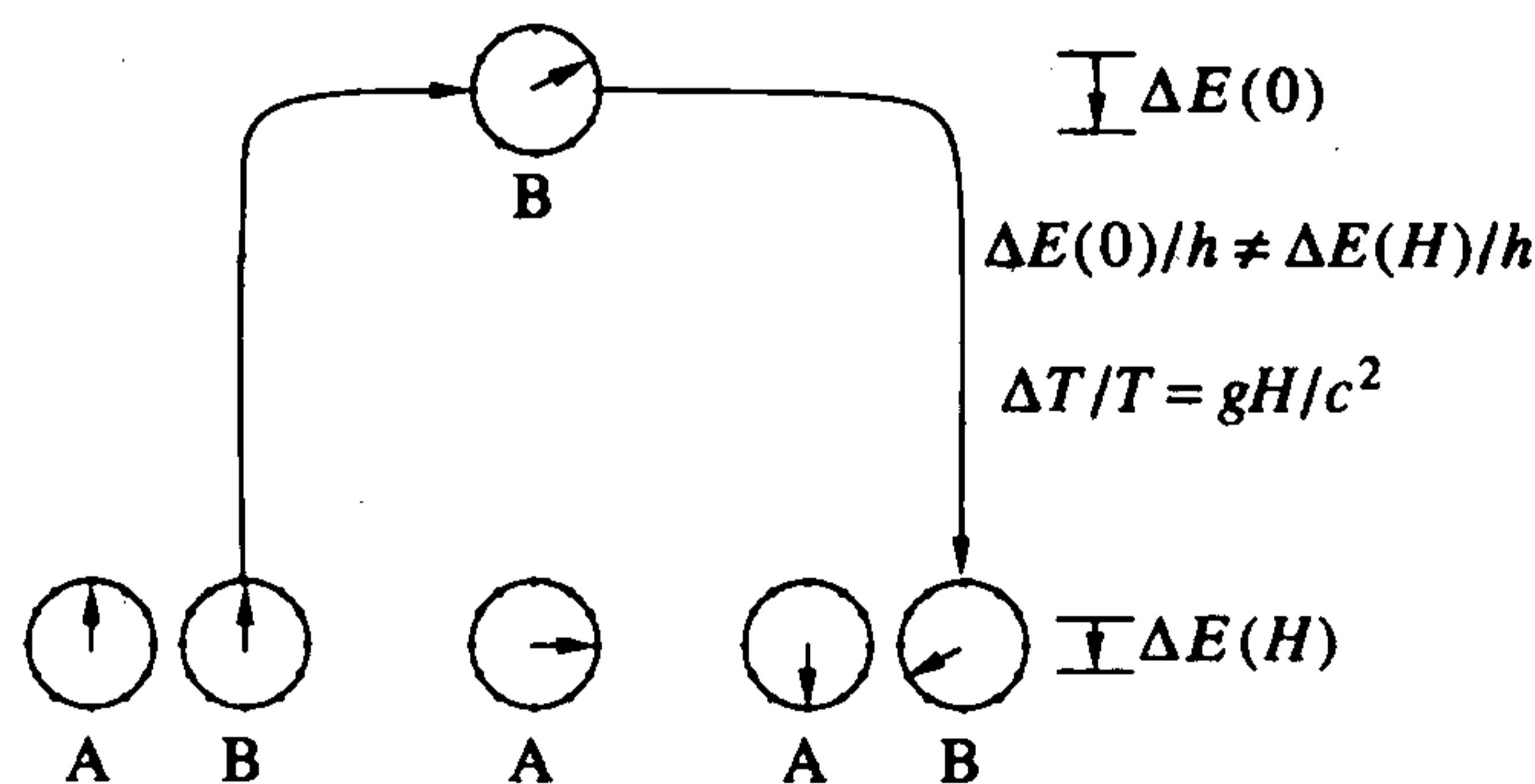


Рис. 2. Изменение хода времени в зависимости от гравитационного потенциала [7–9].

Отмеченное несоответствие между результатами ставших уже классическими экспериментов вызывает необходимость, по-видимому, дополнительного экспериментального подтверждения в других опытах, выполняемых методически другим способом. Такими опытами могут быть эксперименты по когерентному возбуждению уровней быстрых атомов и релятивистских ядер в кристалле [1–4]. В этих экспериментах ядро-снаряд является часами, ход времени которых сравнивается с помощью ряда последовательных взаимодействий с атомами кристалла. Острая резонансная зависимость эффекта позволяет выделить составляющую сдвига уровней в пролетающих ядрах, обусловленную действием изменяющегося эффективного ГП, который в свою очередь вызван торможением ядер в веществе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Окороков В.В. // ЯФ. 1965. Т. 2. С. 1009–1012.

2. Окороков В.В. // Письма в ЖЭТФ. 1965. Т. 2. С. 175–178.
3. Moak C., Datz S., Crawford O.H. et al. // Phys. Rev. A. 1979. V. 19. P. 843–855.
4. Пивоваров Ю.Л., Широков А.А. // ЯФ. 1986. Т. 44. С. 882–886.
5. Pound R.V., Rebka G.A. // Phys. Rev. Lett. 1960. V. 4. P. 337–339.
6. Pound R.V., Snider J.L. // Phys. Rev. B. 1965. V. 140. P. 788–798.
7. Vessot R.F.C., Levine M.N. // Gen. Rel. Gravit. 1979. V. 10. P. 181–186.
8. Alley C.O. et al. Experimental Gravitation. Proc. Conf. at Pavia. (Sept. 1976). Pavia: Acad. Press, 1977.
9. Hafele J.C., Keating R.E. // Science. 1972. V. 177. P. 166–168.
10. Briatore L., Leschiutta S. // Nuovo Cimento. 1977. 37B. P. 219–223.
11. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. М.: Наука, 1965. Т. 1. С. 616.