

ПРЕБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ГРАВИТАЦИОННОЕ В МОДЕЛИ РАСШИРЕННОГО ПРОСТРАНСТВА: ПРЕДСКАЗАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ.

Ципенюк Д.Ю. (tsip@kapella.gpi.ru)

Институт общей физики РАН, Москва

1. Введение

В предыдущих работах [1-7] было предложено обобщение специальной теории относительности (СТО) на 5-мерное расширенное пространство с метрикой (+;-,-,-,-).

Была построена модель, объединяющая электромагнитное и гравитационное взаимодействия. Её уравнения формулируются в расширенном пространстве, в котором к обычным пространственным (x,y,z) и временной t координатам добавляется ещё пятая координата s.

Её геометрический смысл - интервал в пространстве Минковского, а физически мы связываем её с показателем преломления n. Предполагается, что при движении по траектории с переменным n масса покоя частиц меняется, что приводит и к изменению создаваемого ими гравитационного поля.

В частности, частицы с нулевой массой (фотоны), попадая из пустого пространства с n=1 в среду с n>1, приобретают ненулевую массу и начинают служить источником гравитационного поля. Предложенная в [3] объединённая система уравнений призвана описывать такие процессы.

В этом пространстве построена механика материальной точки [1,4,7] и электродинамика [2,4], а также рассмотрены потенциалы Лиенара-Вихерта [5], соответствующие такой модели, и проанализированы свойства отвечающих им решений расширенной системы уравнений Максвелла.

Были рассмотрены также гравитационные эффекты в расширенном пространстве, такие как вторая космическая скорость, красное смещение и отклонение света [6]. Показано, что формулы, которые получаются в общей теории относительности для расчета величины этих эффектов, можно получить совершенно другим способом и в рамках модели расширенного пространства. Для этого предполагалось, что гравитационное поле создает в пространстве некоторый показатель преломления n, который зависит от напряженности этого поля и который определяет движение как фотонов так и массивных частиц в этом пространстве, и применить технику поворотов в расширенном пространстве развитую ранее [1-4].

Ниже кратко приведены основные результаты, полученные в предыдущих работах.

Предлагается такое обобщение СТО, которое учитывало процессы при котором масса частицы m также являлась бы переменной величиной. Под массой частицы m мы, следуя рекомендациям обзора [8], будем понимать ее массу покоя, которая является лоренцевским скаляром. Для этого прежде всего построим расширение (1+3)-мерного пространства Минковского $M(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}})$ на (1+4)-мерное пространство $G(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}}, S)$, которое мы будем называть расширенным пространством.

В качестве 5-ой дополнительной координаты используется та величина, которая уже существует в пространстве Минковского, а именно, интервал S

$$s^2 = (ct)^2 - x^2 - y^2 - z^2. \quad (1)$$

Эта величина сохраняется при обычных преобразованиях Лоренца в пространстве Минковского $M(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}})$ но меняется при поворотах в расширенном пространстве $G(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}}, S)$.

Таким образом, пространство Минковского $M(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}})$ - это конус в расширенном пространстве $G(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}}, S)$. В этом пространстве сохраняется только величина

$$s^2 - (ct)^2 - x^2 - y^2 - z^2 = \text{const}. \quad (2)$$

Известно, что энергия, импульс и масса свободной частицы связаны соотношением [9].

$$\mathbf{E}^2 - c^2 \mathbf{p}_x^2 - c^2 \mathbf{p}_y^2 - c^2 \mathbf{p}_z^2 - m^2 c^4 = 0. \quad (3)$$

которое служит аналогом соотношения (1) в пространстве $G'(E; \vec{P}, M)$, сопряженному к пространству $G(T; \vec{X}, S)$. Масса m является величиной, сопряженной к интервалу s .

Преобразования Лоренца меняют энергию частицы E и ее импульс \vec{p} , но оставляют постоянной массу m . Преобразования в расширенном пространстве, дополняющие преобразования Лоренца, меняют и массу частицы, оставляя постоянной только форму (4).

$$E^2 - c^2 p_x^2 - c^2 p_y^2 - c^2 p_z^2 - m^2 c^4 = \text{const.} \quad (4)$$

В пространстве Минковского $M(E; \vec{P})$ свободным частицам сопоставляются 4-компонентные вектора энергии-импульса $\vec{p} = (\frac{E}{c}, p_x, p_y, p_z)$, компоненты которых связаны соотношением (3).

В зависимости от того, равна ли масса m частицы нулю или нет, точка, соответствующая этому вектору, лежит либо на конусе, либо на гиперboloиде в пространстве $M(E; \vec{P})$.

В расширенном пространстве $G'(E; \vec{P}, M)$ свободным частицам сопоставляется 5-компонентный вектор энергии-импульса-массы $\vec{p} = (\frac{E}{c}, p_x, p_y, p_z, mc)$, компоненты которого связаны тем же самым соотношением (3). Только теперь величина m уже не постоянный внешний параметр, а равноправная переменная, все эти вектора изотропны и соответствующие им точки лежат на конусе (3) в пространстве $G'(E; \vec{P}, M)$.

Частицы, находящиеся во внешнем поле, описываются неизотропными векторами, лежащими на гиперboloидах (2) [1,4].

В пространстве Минковского все частицы делятся на два типа: массивные, характеризующиеся массой m , и безмассовые (фотоны), характеризующиеся частотой ω . В нашей модели покоящейся массивной частице сопоставляется 5-вектор энергии-импульса-массы:

$$\vec{p}_m = (mc; \vec{0}, mc)$$

Фотону, летящему в пустом пространстве со скоростью c в направлении \vec{k} , сопоставляется 5-вектор энергии-импульса-массы

$$\vec{p}_{h\omega} = (\frac{\hbar\omega}{c}; \frac{\hbar\omega}{c}\vec{k}, 0)$$

Видно, что оба эти 5-вектора изотропны. Таким образом в нашей модели свободным точечным частицам сопоставляется изотропный вектор в расширенном пространстве $G'(E; \vec{P}, M)$.

Повороты в пространстве $G(T; \vec{X}, S)$, дополнительные к преобразованиям Лоренца, перемешивают координаты, соответствующие пространству и времени с новой координатой s . В сопряженном пространстве $G'(E; \vec{P}, M)$ такие повороты переводят энергию и импульс в массу и обратно [1,4].

Существует еще один 4-вектор, с которым работают в СТО: 4-вектор тока.

В обычной электродинамике этот 4-вектор тока, получается из 4-вектора энергии-импульса заряженной частицы путем деления его на массу покоя частицы m и умножения на плотность заряда.

Это можно сделать, поскольку в специальной теории относительности как масса покоя частицы, так и ее заряд считаются скалярами. Такой ток служит источником электромагнитного поля, которое описывается 4-вектор-потенциалом. При этом каждую компоненту тока можно рассматривать как источник соответствующей компоненты вектор-потенциала.

В нашей модели частице сопоставляется 5-вектор энергии-импульса-массы. Его пятая компонента выражается через массу покоя частицы и по этой причине представляется естественным связать ее с гравитационным полем. Поскольку мы хотим иметь ток, который одновременно служил бы источником и электромагнитного и гравитационного полей, то мы умножаем этот 5-вектор на плотность заряда. Это по-прежнему можно делать, поскольку и в расширенной модели заряд остается скаляром. А вот делить на массу уже нельзя, масса в расширенном пространстве не скаляр.

В традиционной формулировке электромагнитный ток описывается 4-вектором в

пространстве Минковского. Нужно преобразовать 4-вектор тока в 5-вектор. Как и в случае вектора энергии-импульса мы требуем чтобы этот вектор был изотропным. Поэтому получаем [2,4].

$$\bar{\rho} = (\rho, \vec{j}, j_s) = \left(\frac{\rho_0 c}{\sqrt{1-\beta^2}}, \frac{\rho_0 \vec{v}}{\sqrt{1-\beta^2}}, \rho_0 c \right), \quad \beta^2 = \frac{v^2}{c^2}. \quad (5)$$

Здесь $\rho_0(t,x,y,z)$ - плотность электрического заряда в покоящейся системе координат в точке (t,x,y,z) , она инвариантна относительно преобразований Лоренца и служит аналогом массы покоя частицы.

Величина $\vec{v} = (v_x(t,x,y,z), v_y(t,x,y,z), v_z(t,x,y,z))$ - локальная скорость плотности зарядов.

У такого 5-тока первые четыре компоненты служат в модели расширенного пространства $G(T; \vec{X}, S)$ источником электромагнитного поля, а пятая компонента - источником гравитационного поля. Точнее говоря, такое разделение имеет место в том случае, когда отсутствуют процессы, меняющие массы покоя частиц, если же такие процессы идут, то эти два поля объединяются в единое электромагнитно-гравитационное поле.

Дополнительные преобразования, которые имеются в расширенном пространстве $G(T; \vec{X}, S)$, меняют величину ρ_0 аналогично тому как они меняют массу покоя m . Таким образом, в рамках нашей модели переменными величинами являются и масса и заряд частицы.

В расширенном пространстве $G(T; \vec{X}, S)$ ток (5) служит источником поля, которое описывается 5-вектор-потенциалом

$$(\phi, \vec{A}, A_4) = (A_t, A_x, A_y, A_z, A_s) \quad (6)$$

Потенциал (6) и ток связаны уравнениями [2,4]

$$\diamond A_t = -4\pi \cdot \rho \quad (7)$$

$$\diamond \vec{A} = -\frac{4\pi}{c} \cdot \vec{j} \quad (8)$$

$$\diamond A_s = -\frac{4\pi}{c} \cdot j_s \quad (9)$$

$$\text{Здесь} \quad \diamond = \frac{\partial^2}{\partial s^2} + \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \quad (10)$$

Поле, соответствующее потенциалу (6), содержит помимо обычных электрических и магнитных компонент ещё и дополнительные компоненты, отражающие тот факт, что в процессе взаимодействия может меняться заряд частиц.

По потенциалам $(A_t, A_x, A_y, A_z, A_s)$ можно построить тензор напряжений этого поля

$$F_{ik} = \frac{\partial A_i}{\partial x_k} - \frac{\partial A_k}{\partial x_i}; i, k = 0, 1, 2, 3, 4.$$

$$\|F_{ik}\| = \begin{pmatrix} 0 & -E_x & -E_y & -E_z & -Q \\ E_x & 0 & -H_z & H_y & -G_x \\ E_y & H_z & 0 & H_x & -G_y \\ E_z & -H_y & H_x & 0 & -G_z \\ Q & G_x & G_y & G_z & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Здесь в тензор напряжений вошли новые поля Q и \vec{G}

$$Q = F_{40} = \frac{\partial A_4}{\partial x_0} - \frac{\partial A_0}{\partial x_4} = \frac{\partial A_s}{c \partial t} - \frac{\partial \phi}{\partial s}. \quad (12)$$

$$G_x = F_{41} = \frac{\partial A_4}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_4} = \frac{\partial A_s}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial s}. \quad (13)$$

$$G_y = F_{42} = \frac{\partial A_4}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_4} = \frac{\partial A_s}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial s}, \quad G_z = F_{43} = \frac{\partial A_4}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_4} = \frac{\partial A_s}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial s}.$$

Было найдено выражение для сил, действующих на частицу заряда e и массы m , находящуюся в поле (11). Будем исходить из того, что в системе отсчета K' , движущейся в расширенном пространстве $\mathbf{G}(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}}, \mathbf{S})$ вместе с зарядом, на него действует сила, задаваемая 4-вектором $F' = (e\vec{E}', eQ')$. В такой системе отсчета уравнения движения имеют вид

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = e\vec{E}'; \quad \frac{dp_s}{dt} = eQ'. \quad (14)$$

При переходе в другую систему отсчета с помощью поворотов в пространстве $\mathbf{G}(\mathbf{T}; \vec{\mathbf{X}}, \mathbf{S})$ поля (11) преобразуются по правилам, установленным в [2].

Приведем формулы записанные с использованием параметров (\vec{v}, v_s, \vec{u}) , задающих переход от одной системы координат к другой [5].

1) $(T\vec{X})$ -повороты характеризуются скоростью \vec{v} , при этом поля (11) преобразуются следующим образом

$$\vec{E}' = \vec{E} + \frac{1}{c}[\vec{v}, \vec{H}], \quad \vec{G}' = \vec{G} - \frac{1}{c}\vec{v}Q, \quad \vec{H}' = \vec{H} - \frac{1}{c}[\vec{v}, \vec{E}], \quad Q' = Q - \frac{1}{c}(\vec{v}, \vec{G}). \quad (15)$$

2) (TS) повороты характеризуются скоростью v_s вдоль координаты S при этом поля (11) преобразуются следующим образом

$$\vec{E}' = \vec{E} + \frac{v_s}{c}\vec{G}, \quad \vec{G}' = \vec{G} + \frac{v_s}{c}\vec{E}, \quad \vec{H}' = \vec{H}, \quad Q' = Q. \quad (16)$$

3) $(S\vec{X})$ -повороты характеризуются параметром \vec{u} . Это векторный параметр, характеризующий изменение показателя преломления n при движении в направлении вектора \vec{u} . В этом случае поля (11) преобразуются следующим образом

$$\vec{E}' = \vec{E} - \vec{u}Q, \quad \vec{G}' = \vec{G} + [\vec{u}, \vec{H}], \quad \vec{H}' = \vec{H} + [\vec{u}, \vec{G}], \quad Q' = Q + \frac{1}{c}(\vec{u}, \vec{E}). \quad (17)$$

Применяя эти преобразования к системе (14), можно найти силу Лоренца, действующую на движущуюся частицу. В том случае, когда выбрана последовательность преобразований $(TS) + (T\vec{X}) + (S\vec{X})$, уравнения (14) принимают вид

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{p}}{dt} = & e\left(\vec{E} - \frac{v_s \vec{v}}{c^2}(\vec{u}, \vec{E}) - (\vec{u} + \frac{v_s \vec{v}}{c^2})Q + \right. \\ & \left. + \frac{1}{c}[\vec{v} + v_s \vec{u}, \vec{H}] + \frac{1}{c}(v_s - (\vec{u}, \vec{v}))\vec{G} + \frac{1}{c}\vec{u}(\vec{v}, \vec{G})\right). \end{aligned} \quad (18)$$

$$\frac{dp_s}{dt} = e\left(Q + (\vec{u}, \vec{E}) - \frac{1}{c}(\vec{v}, \vec{G}) - \frac{1}{c}(\vec{v}, [\vec{u}, \vec{H}])\right).$$

В [5] построены потенциалы Лиенара-Вихерта для случая расширенного пространства и найдены соответствующие им напряженности полей $\vec{E}, \vec{H}, \vec{G}, Q$.

Рассмотрен конкретный пример частицы с массой m и зарядом e , у которой постоянны

пространственные координаты x, y, z , но может меняться координата s .
 Получено выражение для напряжённостей электрического поля создаваемого заряженной частицей в этом случае

$$\vec{E} = ec \frac{c^2 - u_s^2 + R_s \dot{u}_s}{(cR_{(4)} - R_s u_s)^3} \vec{R}_{(3)}. \quad (19)$$

Здесь $R_{(3)}$ это 3-мерное расстояние между точками наблюдения поля и его источником в

евклидовом пространстве, $R_{(3)} = (x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2$

$R_{(4)}$ - это 4-мерный пространственный интервал

$$R_{(4)} = (x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2 + (s - s')^2$$

являющийся частью полного интервала (2), а R_s - расстояние по 5-й координате S в расширенном пространстве. $R_s^2 = (s - s')^2 = c^2 (\Delta t)^2 - R_{(3)}^2$

Знаменатель выражения (19) $(cR_{(4)} - R_s u_s)^3$ всегда больше нуля поскольку скорость заряда u всегда меньше скорости света в пустоте c , а расстояние R_s по координате s всегда меньше полного расстояния $R_{(4)}$, так как источник излучения и точка наблюдения всегда пространственно разделены.

Но числитель выражения (19) может менять знак в зависимости от того, какова величина и знак ускорения \dot{u}_s . Если это ускорение достаточно велико, т.е. велика скорость изменения оптической плотности среды вокруг неподвижного заряда, то напряжение электрического поля \vec{E} поменяет свой знак, т.е. одноименные заряды начнут притягиваться, а разноименные отталкиваться.

Было показано [5], что поля $\vec{E}, \vec{H}, \vec{G}, Q$ могут менять свой знак в зависимости от знака и величины ускорения \dot{u}_s . Такое изменение знака напряженностей полей и, как следствие, смену знака силы Лоренца можно связать с реакцией излучения этих полей, которое возникает, когда заряженные частицы движутся с ускорением.

Смена знака у напряжённостей в модели расширенного пространства представляет интерес с той точки зрения, что благодаря ей при определённых условиях может менять свой знак и сила взаимодействия между частицами, в частности, сила притяжения двух массивных частиц может перейти в силу отталкивания, что можно интерпретировать как проявление "антигравитации"

2. Экспериментальная установка

Таким образом, в модели расширенного пространства было получено, что электромагнитное поле может служить источником гравитационного поля, а также, движущаяся массивная заряженная частица, испытывая торможение, может создавать вокруг себя гравитационное поле [3,4,5,6].

Для экспериментальной проверки этого предположения был предложен и проведен следующий эксперимент, в котором возможное возникновение гравитационного поля при торможении релятивистских электронов определялось по изменению колебаний массивного крутильного маятника.

Узкий пучок релятивистских электронов из микротрона 1 (средняя мощность пучка 450 Вт, энергия электронов 30 МэВ) направлялся на тормозную мишень (положение 2 или 3) изготовленную из вольфрама, где и происходило торможение ускоренных электронов.

Для регистрации гравитационного поля, возможно возникающего, при торможении электронов рядом с тормозной мишенью располагался специальный крутильный маятник, подвешенный на вертикальном подвесе 5, изготовленном пружинящей металлической струны диаметром 1,8 мм, длина подвеса 85 см. Маятник мог свободно вращаться на подвесе только в горизонтальной плоскости.

Маятник состоял из легкой алюминиевой штанги 4 (длиной 120 см) на концах которой закреплены массивные грузы 6 и 7 из немагнитного материала по 4 кг каждый, в центре маятник специальным креплением исключающим проскальзывание при поворотах был прикреплен к вертикальному подвесу 5. Маятник был заземлен и дополнительно экранирован со всех сторон металлической сеткой для уменьшения влияния электромагнитных наводок. Период свободных колебаний маятника составил около 40 с.

Жесткость вертикального подвеса маятника могла изменяться путем ограничения длины эффективно работающей части подвеса. В результате чего период колебаний можно было непрерывно менять в пределах от 40 до 27 с.

Для уменьшения влияния механических шумов и введения дополнительного затухания в колебания маятника, использовались два жидкостных демпфера 10 и 11, расположенных около массивных грузов маятника.

Наблюдение за отклонениями маятника проводилось на проградуированном экране по отклонению лазерного луча отраженного от плоского зеркала 8 прикрепленного к маятнику. Для этого луч от непрерывного He-Ne лазера 9 через оптическую систему 12 сужающую угол расходимости лазерного луча, направлялся на зеркало через специальный узкий канал 14 в бетонной защите 13 вокруг микротрона. Отраженный зеркалом луч регистрировался на экране 16 расположенном на расстоянии 500 см от зеркала видеосистемой 15, которая позволяла дистанционно контролировать колебания лазерного пятна и дополнительно увеличивала угол зрения в 12 раз. Диаметр сфокусированного лазерного луча на экране 16 составлял 0,15 мм. Максимальный угол поворота маятника, при котором отраженный луч оставался в пределах приемного канала составил примерно 2 градуса. Точность фиксации угла поворота всей системой $5 \cdot 10^{-4}$ град.

Маятник располагался таким образом, чтобы один из массивных грузов находился вблизи тормозной мишени на расстоянии около 20 см. Имелась также возможность перемещать тормозную мишень от одного конца маятника (положение 2) в другой конец (положение 3). Это позволяло при неизменных параметрах всех неучтенных механических шумов и электромагнитных наводок изменять место торможения пучка электронов. Таким образом, менялось направление закручивания маятника под возможным воздействием возникающего гравитационного излучения.

Схема экспериментальной установки приведена на Рис.1.

3. Калибровочные измерения

Для проведения измерений необходимо было подобрать оптимальные параметры маятника (массу грузов, жесткость подвеса, величину затухания колебаний). С одной стороны, желательно, чтобы при проведении измерений амплитуда колебаний маятника была по возможности максимальной. С другой стороны отраженный от зеркала луч должен не выходить за пределы наблюдения, ограниченные диаметром узкого наблюдательного канала в радиационной защите вокруг ускорителя. Кроме того, характерное время работы ускорителя под нагрузкой обычно составляло 10-15 минут. Необходимость накопить за это время минимально достаточный статистический материал накладывала ограничения на период колебаний и время установления нового положения равновесия маятника при внешнем воздействии. Все эти требования были по возможности учтены при выборе окончательных параметров установки.

Пример свободных колебаний маятника при наличии небольших механических вибраций от работающих вакуумных насосов приведен на Рис.2. серия I (эксперимент проводился 31.05.2001). На графике изображены амплитуды колебания на экране лазерного луча (верхний и нижний ряды значений), отраженного от зеркала, прикрепленного к маятнику в зависимости от номера колебания и рассчитанное по этим амплитудам текущее положение равновесия. Точность определения положения центра светового пятна составляла 0,1 мм

Измерения проводились при одном задействованном жидкостном демпфере и увеличенной жесткости подвеса (путем ограничения эффективно работающей длины подвеса). Период свободных колебаний в этой серии равнялся 29 с. В этом случае происходило установление

Рис.1.

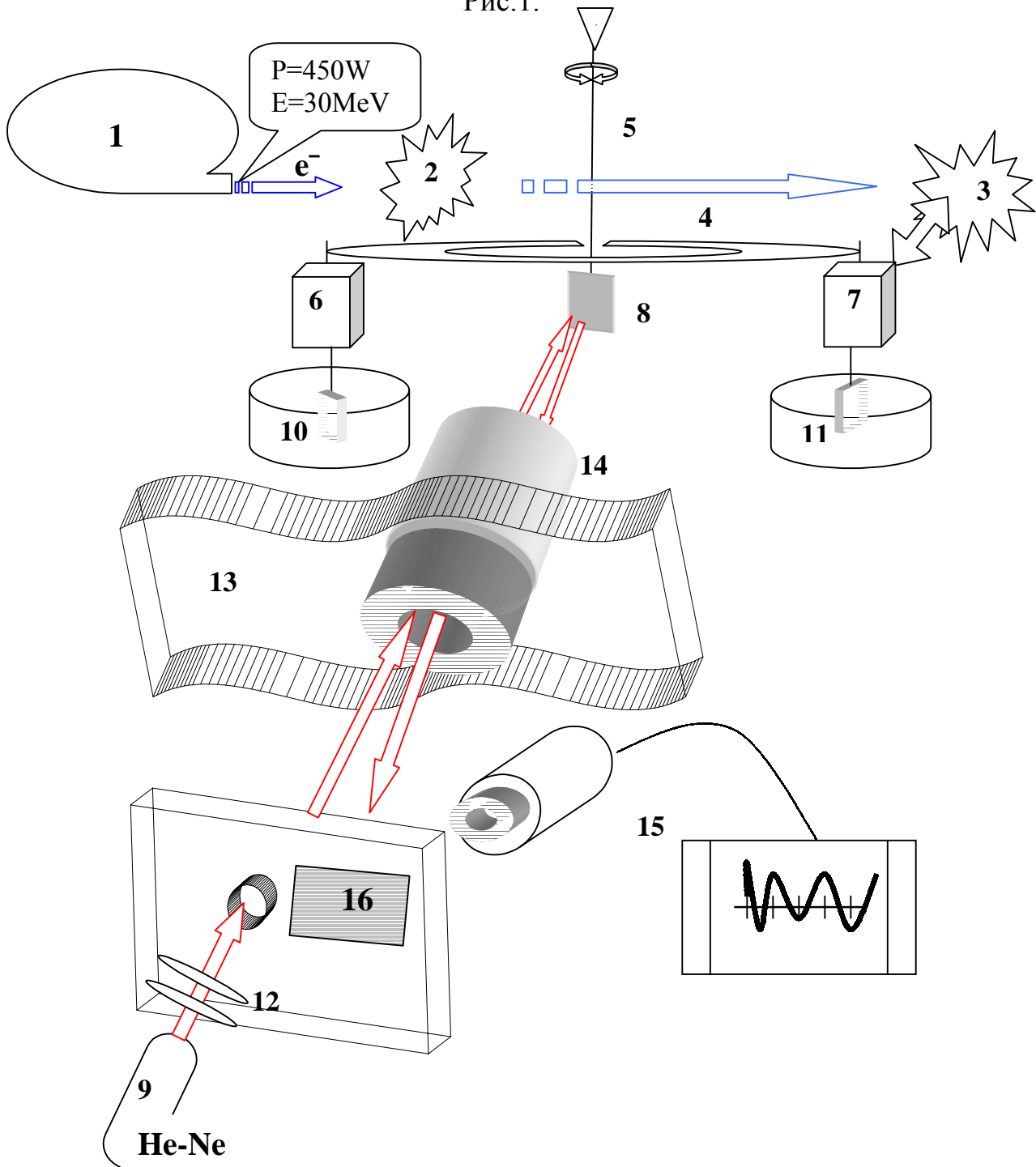
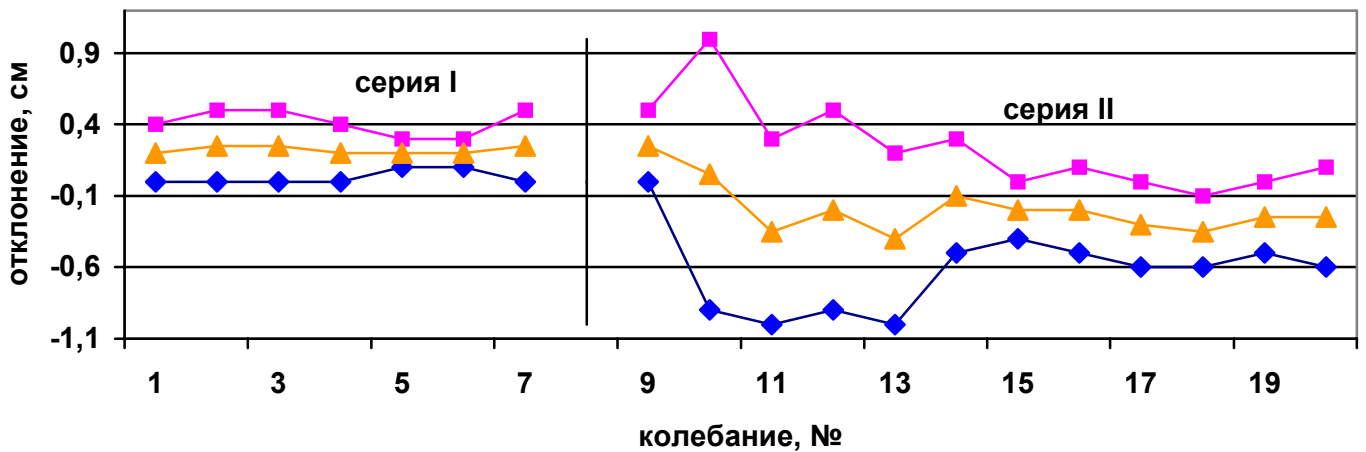


Рис.2. Калибровочные измерения 31.05.2001



незатухающих колебаний маятника вокруг среднего значения равновесия 2,2 мм со средней амплитудой колебаний значений около 0,2 мм.

Для изучения отклика маятника на небольшую постоянную внешнюю силу проводился обдув очень слабым постоянным потоком воздуха одного из массивных грузов. В этом случае (Рис.2 серия II) заметное изменение колебаний маятника происходило уже через 3-4 периода. Полное установление нового положения равновесия происходило через 7-8 колебаний.

В другом случае калибровочных измерений (проводившихся 07.06.2001) были задействованы оба жидкостных демпфера и уменьшена жесткость подвеса. Период свободных колебаний маятника составил около 40 с.

Добавление второго демпфера и уменьшение жесткости подвеса привело с одной стороны к увеличению амплитуды колебаний маятника под воздействием внешней силы. С другой стороны заметное изменение положения равновесия маятника происходило уже через 1-2 колебания.

Проводилась также периодическая проверка неизменности начального среднего положения равновесия маятника со временем. Так, например, в серии измерений 07.06.2001 были проведены не только измерения положения равновесия до начала основных серий измерений, но и через 2 часа после окончания основных серий.

4. Экспериментальные результаты и их анализ.

За период с 17.05.2001 по 07.06.2001 было проведено 7 серий измерений при различных режимах работы ускорителя и разных параметрах маятника.

Как и при проведении калибровочных измерений до включения и после выключения электронного пучка проводилась запись контрольного положения равновесия маятника. При этом все электрические наводки и механические шумы оставались неизменными в течении всего периода измерений. Это достигалось с помощью предварительного включения всех устройств использовавшейся во время измерений (водяных и вакуумных насосов, магнетрона, отклоняющих магнитов и т.д.) и их отключение только после полного окончания измерений.

На Рис.3. приведены результаты по измерению среднего положения маятника при положении тормозной мишени в позиции 3 (см. Рис.1.). Серии I и III на графике соответствуют контрольным измерениям непосредственно до включения и через несколько минут после выключения электронного пучка. Серии II-A и II-B суммарно отражают колебания маятника в момент работы ускорителя (около 10 минут) и некоторое время после выключения пучка. Дополнительно проведена линия тренда (усреднение по 3 точкам).

На Рис.4. приведены результаты аналогичного эксперимента, единственным отличием которого было положение тормозной мишени в позиции 2. Также добавлена линия тренда (усреднение по 3 точкам).

Из качественного сравнения линий тренда на Рис.3 и Рис.4 можно заключить, что имеет место корреляция между включением электронного пучка и средним отклонением маятника от положения равновесия по сравнению с контрольными сериями до и после включения. Причем направление отклонения меняется в зависимости от того, рядом с каким из грузов маятника находится тормозная мишень.

Были рассчитаны коэффициенты вариации, характеризующие относительную амплитуду отклонения маятника для серий I, II-A, II-B, III показанных на Рис.3. Коэффициент вариации V равен по определению отношению дисперсии σ какой либо переменной к величине среднего значения этой переменной $V = \sigma(x)/\bar{x}$, [10]. Коэффициент вариации амплитуды колебаний для серии II-A (момент работы ускорителя) равен 38% и превосходит соответствующие коэффициенты не только контрольных серий I и III (18 и 23 % соответственно), но и превосходит результат для переходной серии II-B :29% (когда пучок электронов присутствовал только в начале серии).

К сожалению, по независящим от автора причинам, на данный момент представляется затруднительным существенно улучшить точность экспериментов или накопить большой статистический материал. Поэтому была проведена дополнительная оценка различными методами достоверности того факта, что зафиксированные отклонения статистически достоверны.

Примеры результатов оценок значимости различий между контрольными и основными сериями измерений приведены ниже на основании обработки экспериментальных результатов серий I, II-A, II-B, III приведенных на Рис.3.

Также была сделана оценка достоверности различий по критерию Пирсона (т.н. "критерий хи-квадрат" см. [10]) между сериями I и III с одной стороны и серией II-A,B с другой стороны. Теоретический доверительный 99 % критерий того, что эти серии принадлежат различным генеральным последовательностям, равен в нашем случае 13,3. Рассчитанный на основе полученных экспериментальных данных коэффициент "хи-квадрат" оказался равным 30,6.

Т.о. по критерию Пирсона вероятность достоверного статистического различия между результатами контрольных измерений колебаний маятника по сравнению с периодами облучения тормозной мишени релятивистскими электронами превосходит 99 %.

Кроме параметрического критерия значимости различия Пирсона (критерий χ^2) между контрольными I, III (пучок электронов отсутствует) и основными II-A, II-B (пучок электронов присутствует) сериями измерений была сделана проверка на основании непараметрических критериев различия.

Серийный критерий различия [10] (основанный на вероятностной оценке необходимого для достоверного различия числа непрерывных серий значений сравниваемых совокупностей), дал 99 % достоверность вероятности различий.

Критерий Колмогорова-Смирнова [10] (основанный на сравнении рядов накопленных частностей двух сравниваемых эмпирических совокупностей) дал значения лежащие между уровнями 95 % и 99 % достоверности различия исследуемых экспериментальных серий.

Была также сделана оценка величины силы, которая может вызвать смещение положение равновесия маятника. В проведенных экспериментах это отклонение не превосходило 1-2 мм (в единицах регистрирующей шкалы).

Калибровка жесткого подвеса дала верхнюю границу этой силы, если она приложена к массивному грузу на конце маятника - не более 10^{-6} Н.

5. Заключение

Проведена серия экспериментов по проверке предсказания о возможности генерации гравитационного поля при торможении заряженных массивных частиц в веществе.

В качестве источника заряженных частиц был использован ускоритель электронов. Узкий пучок релятивистских электронов (средняя мощность пучка 450 Вт, энергия электронов около 30 МэВ) направлялся на тормозную мишень изготовленную из вольфрама, где и происходило торможение ускоренных электронов.

Измерения показали появление статистически достоверного отклонения крутильного маятника, один из массивных грузов которого находится рядом с тормозной мишенью, в момент торможения пучка релятивистских электронов.

Было также зафиксировано изменение направления закручивания маятника при сдвиге тормозной мишени от одного конца маятника к другому. Величина силы, вызывающей отклонение маятника имеет верхнюю границу 10^{-6} н.

Конечно, эти первые экспериментальные результаты по проверке предсказаний сделанных на основе развития модели расширенного пространства, носят предварительный характер и нуждаются в гораздо более основательной проверке, что и будет служить дальнейшей основой для будущих экспериментов.

Автор выражает глубокую признательность Б.С. Закирову за помощь в проведении экспериментов на ускорителе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ципенюк Д.Ю., Андреев В.А., Структура расширенного пространства, Препринт ИОФАН, 5, 25с., (1999).
- [2] Ципенюк Д.Ю., Андреев В.А., Электродинамика в расширенном пространстве,

Препринт ИОФАН , 9, 26с., (1999).

[3] Ципенюк Д.Ю., Андреев В.А., Взаимодействие в расширенном пространстве, Препринт ИОФАН , 2, 25с., (2000).

[4] Ципенюк Д.Ю., Андреев В.А., Краткие сообщения по физике ФИАН, N 6 с.23-34, (2000).

[5] Ципенюк Д.Ю., Андреев В.А., Потенциалы Лиенара-Вихерта и сила Лоренца в Расширенном пространстве, Препринт ИОФАН, 1, 20с., (2001).

[6] Ципенюк Д.Ю., Андреев В.А., Гравитационные эффекты в расширенном пространстве, Препринт ИОФАН , 4, 15с., (2001).

[7] Ципенюк Д.Ю., Андреев В.А., Электронный журнал "Исследовано в России", 60, (1999). <http://zhurnal.mipt.rssi.ru/articles/1999/060.pdf>

[8] Окунь Л.Б, УФН, 158, 511 (1989).

[9] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теория поля, М.: Наука, (1967).

[10] Урбах В.Ю., Математическая статистика, М.: Издательство АН СССР, (1963).

Рис.3. Тормозная мишень в положении 3.

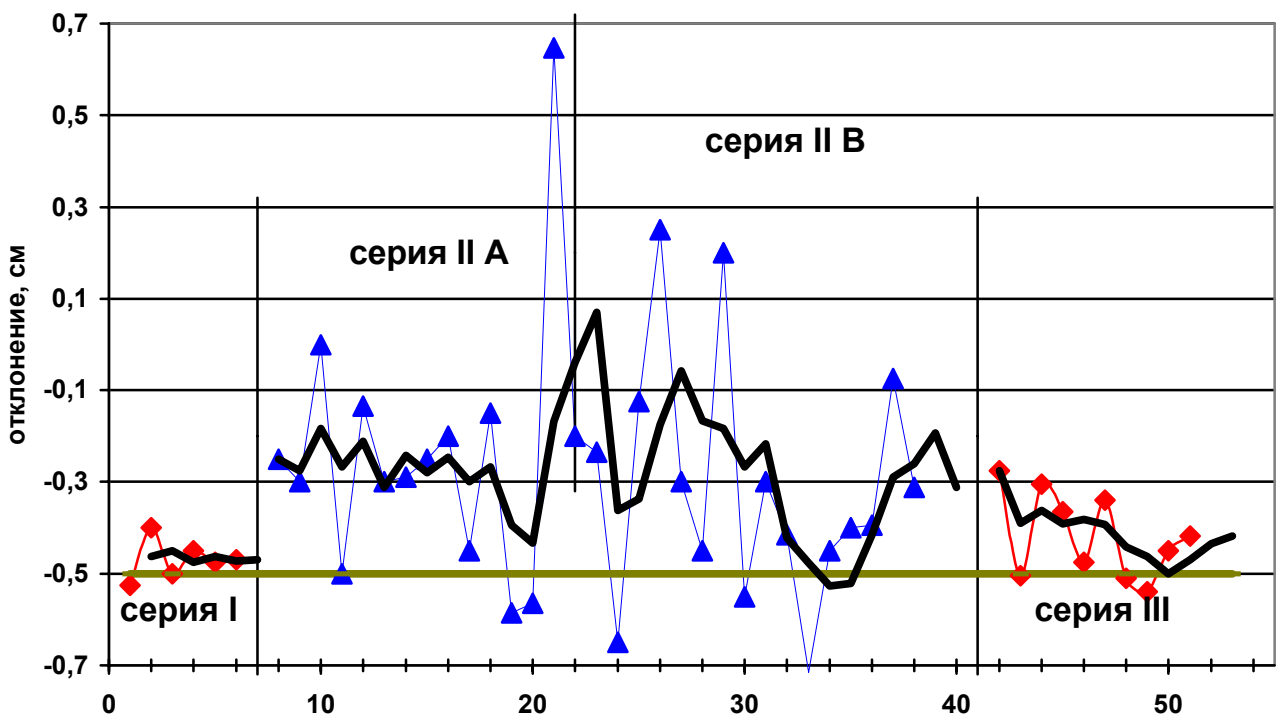


Рис.4. Тормозная мишень в положении 2

