ЛИТЕРАТУРА

1. Brans C., Dicke R. Phys. Rev., **124**, 925, 1961.
2. Дж. Л. Синг. Общая теория относительности. М., 1963.
3. Goutreau R. Nouvo cimento, **62 B**, 2, 1969.

Поступила в редакцию
2.2 1972 г.

Кафедра
теоретической физики

УДК 530.12 : 531.51

Р. Ф. ПОЛИЩУК

ИНВАРИАНТНОЕ ОСНАЩЕНИЕ ИЗОТРОПНЫХ НЕГОЛОНОМНЫХ МНОГООБРАЗИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ

Мы рассмотрим инвариантное оснащение неголономных изотропных многообразий, существующих в римановом многообразии событий V_4 с лоренцовой сигнатурой. Вообще неголономным многообразием M_n^m в касательном многообразии $T(M_n)$ точечного дифференцируемого многообразия M_n называется поле m-направлений $\{E_m\} \subset T(M_n)$. Многообразия M_n^m и $M_n^{m'}$ оснащают друг друга в $T(M_n)$, если не имеют общих ненулевых направлений и имеют дополнительные размерности:

$$M_n^m \cap M_n^{m'} = \overset{\circ}{M_n}, \quad m + m' = n.$$

Касательное многообразие разлагается в прямую сумму оснащающих друг друга многообразий. Каждое неголономное многообразие может быть получено проектированием касательного многообразия по многообразию оснащения. Площадки E_m представляют собой центроаффинные пространства. Пространства E_m образуют слои, а M_n — базу неголономного многообразия M_n^m.

В многообразии событий V_4 существуют следующие изотропные неголономные многообразия: $X_4^{1,1}$, $X_4^{2,1}$, $X_4^{3,1}$. Правая единичка означает понижение ранга индуцированной метрики на единицу против ранга метрики самого неголономного многообразия. Поскольку многообразие $X_4^{1,1}$ является касательным к изотропной конгруэнции кривых, собственно неголономными многообразиями являются два прочих.

Многообразие $X_4^{3,1}$ образовано изотропными площадками, касающимися нулевого конуса по образующей с некоторым направляющим вектором $l^\alpha(x)$. Таким образом, оно полностью определяется заданием поля изотропного вектора l^α. Поэтому разумно строить оснащение с помощью инвариантных направлений, характеризующих поле направлений этого вектора.

Для конгруэнций различного типа характерные направления определены по-разному, поэтому будем отдельно строить оснащения для негеодезической, геодезической и нормальной (и геодезической) конгруэнций.

Первый вектор кривизны конгруэнции $X_1(l)$ (обозначение очевидно) не подходит для цели инвариантного оснащения, поскольку параметр вдоль конгруэнции не задан, а канонический параметр в общем случае отсутствует. Однако соприкасающаяся плоскость не зависит от выбора параметра. Выберем произвольный параметр вдоль конгруэнции. Тогда определено поле касательного вектора $l^\alpha = dx^\alpha/dt$ и разложение его ковариантной производной $\nabla_\mu l_\nu = l_\mu f_\nu + d_{\mu\nu} + \omega_{\mu\nu}$,

$$f_\nu = l^\rho \nabla_\rho l_\nu, \quad d_{[\mu\nu]} = \omega_{(\mu\nu)} = 0, \quad [\ ] = alt, \quad (\ ) = sym.$$

Направление бивектора $l^{[\alpha}f^{\beta]} = l^{\alpha\beta}$ определено (с точностью до ориентации) инвариантно. В этом направлении лежит приращение касательного вектора при смещении точки вдоль кривой. Ограничим теперь произвольные смещения точки требованием, чтобы приращение касательного вектора принадлежало спрямляющей плоскости, ортогональной соприкасающейся:

$$d\lambda^\rho\, l^{\alpha\beta} \nabla_\rho\, l_\beta = 0, \quad l^{\alpha\beta} \neq 0.$$

Это уравнение определяет некоторую неизотропную гиперплоскость, инвариантную относительно выбора параметра вдоль конгруэнции. Действительно, при замене $l^\alpha \to a(x)\, l^\alpha$ уравнение гиперплоскости получает множитель a^3 и не получает слагаемых. Среди решений dx^α содержится вектор l^α и еще некоторый изотропный вектор n^α, поскольку в противном случае гиперплоскость касалась бы нулевого конуса и содержала бы соприкасающуюся плоскость, что исключено. Для целей оснащения мы используем направление изотропного вектора n^α, определяемого уравнениями

$$n^\rho\, l^{\alpha\beta} \nabla_\rho l_\beta = 0\,,\ \ n^\alpha n_\alpha = 0\,,\ \ n_\alpha l^\alpha = 1\,.$$

Если конгруэнция геодезическая, но не нормальная, мы относим ее к каноническому параметру. Канонический параметр, как известно [2], представляет собой проекцию кривой на некоторую параллельно переносимую вдоль нее площадку. Определяется этот параметр с точностью до линейного преобразования

$$\tau' = a\tau + b\,,\quad a,\ b = \mathrm{const}.$$

Имеем

$$\nabla_\mu l_\nu = \omega_{\mu\nu} + d_{\mu\nu},\quad l^\alpha = dx^\alpha/d\tau.$$

Для оснащения используем вектор n^α:

$$\eta^{\alpha\beta\gamma\delta}\, l_\alpha \omega_{\beta\gamma} n_\delta = 0\,,\ \ n_\alpha n^\alpha = 0\,,\ \ n_\alpha l^\alpha = 1\,,$$

η — тензор объема. Замена одного канонического параметра другим как легко видеть, не изменяет направления вектора n^α. Этот способ оснащения годится только для данной конгруэнции.

Если изотропная конгруэнция является нормальной, то она будет также и геодезической. Относя ее к каноническому параметру, имеем

$$\nabla_\mu l_\nu = d_{\mu\nu} = d_{\nu\mu}.$$

Для оснащения можно выбрать одно из собственных направлений тензора $d_{\mu\nu}$ (второй фундаментальный тензор многообразия $X_4^{3,1}$):

$$d_{\mu\nu} u^\nu = \lambda u_\mu\,,$$

отличных от направления l^α. Вектор оснащения n^α найдем из условий

$$n^\alpha u_\alpha = 0\,,\ \ n^\alpha n_\alpha = 0\,,\ \ n^\alpha l_\alpha = 1.$$

Этих условий, как видим, всегда три. Если же тензор $d_{\mu\nu}$ не имеет выделенного собственного направления, можно для отыскания n^α отправляться, например, от вектора

$$\nabla^\beta d_{\beta\alpha} = \Box\, l_\alpha.$$

Заметим, однако, что здесь впервые для целей оснащения использована вторая дифференциальная окрестность, привлечение которой оправдано при невозможности использовать первую окрестность.

Наконец, если вектор l^α ковариантно постоянен

$$\nabla_\mu l_\nu = 0\,,$$

для целей оснащения можно использовать любой вектор n^α:

$$n_\alpha n^\alpha = 0\,,\ \ n_\alpha l^\alpha = 1\,,$$

параллельно переносимый вдоль нее. Возникающий здесь произвол следует, очевидно, отнести к природе самого многообразия $X_4^{3,1}$.

Неголономное многообразие $X_4^{2,1}(l)$ пусть задано бивектором $m_{\alpha\beta}(x)$. Очевидно, $X_4^{2,1}(l) \subset X_4^{3,1}(l)$. С помощью вектора l^α прежним путем отыскивается первый изотропный вектор оснащения n^{α}. Второй оснащающий вектор v^{α} естественно [определять из условия

$$\lambda v^{\alpha}=\eta^{\alpha\beta\gamma\delta}n_{\beta}m_{\gamma\delta},\ v_{\alpha}v^{\alpha}=-1.$$

Бивектор $n\wedge v$ задает многообразие, оснащающее $X_4^{2,1}$.

В заключение выражаю исключительную признательность проф. А. М. Васильеву за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schouten J. A., van Kampen E. R. Math. Ann., **103**, 752, 1930.
2. Голиков В. И. «Гравитация и теория относительности», вып. 4—5. Казань, 1968, стр. 63.

Поступила в редакцию
15.3 1971 г.

Кафедра
астрофизики

УДК 539.17

Н. М. КАБАЧНИК, В. Н. РАЗУВАЕВ [1]

ОБ УГЛОВОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФОТОНУКЛОНОВ В РЕАКЦИИ ФОТОРАСЩЕПЛЕНИЯ Ca^{40} В ОБЛАСТИ ГИГАНТСКОГО РЕЗОНАНСА

В [1] были измерены спектры и угловые распределения фотопротонов в реакции $Ca^{40}(\gamma,\ p)K^{39}$ в области гигантского резонанса. Было обнаружено, что некоторые группы протонов имеют асимметричное относительно 90° угловое распределение, причем знак асимметрии изменялся в зависимости от энергии протонов. Такое поведение угловых распределений указывает на существование M-1 или E-2 поглощения в области гигантского резонанса, где, как известно, доминирует поглощение E-1.

Исследования, где были бы приведены расчеты угловых распределений фотонуклонов из Ca^{40} с учетом интерференции переходов различной четности, нам неизвестны. В то же время существует большое число работ, в которых рассматривались сечения фотопоглощения и спектры фотонуклонов в рамках частично-дырочной оболочечной модели (например, [2, 3]). Эти расчеты показали, что в целом модель успешно описывает экспериментальные данные. Поэтому представляет интерес на основе той же модели проанализировать угловые распределения.

Дифференциальное сечение реакций $(\gamma,\ p)$ или $(\gamma,\ n)$ может быть представлено в виде

$$\frac{d\sigma}{dEd\Omega}=\frac{\sigma_0(E)}{4\pi}\left(1+\sum_{i=1}^{4}\alpha_i(E)P_i(\cos\theta)\right). \tag{1}$$

Здесь $\sigma_0(E)$ — полное сечение соответствующей парциальной реакции, $P_i(\cos\theta)$ — полиномы Лежандра. Мы учитывали E-1 и E-2 поглощения, поэтому индекс i пробегает значения от 1 до 4.

Величины $\sigma_0(E)$ и $\alpha_i(E)$ определяются матричными элементами мультипольных операторов, описывающих взаимодействие ядра с электромагнитным полем [4]. Эти матричные элементы мы вычисляли в рамках частично-дырочной резонансной модели:

$$\langle\Psi_f(J_f,\ l,\ j;\ J_0)\,|\,T^{\lambda}\,|\,\Psi_0\rangle=\sum_{\mu}\frac{\langle\varphi_{ej}\,|\,V\,|\,\Psi_{\mu}\rangle\,\langle\Psi_{\mu}\,|\,T^{\lambda}\,|\,\Psi_0\rangle}{E-E_{\mu}+i\dfrac{\Gamma_{\mu}}{2}}. \tag{2}$$

Здесь $\Psi_f(J_f,\ l,\ j;\ J_0)$ — волновая функция конечного состояния системы, которое характеризуется спином ядра-остатка J_j, орбитальным и полным моментами вылетающего нуклона и полным моментом системы J_0; E_{μ}, Ψ_{μ}, Γ_{μ} — энергия, волновая функция и ширина μ-го уровня составного ядра с тем же полным моментом J_0. Матричный элемент $\langle\varphi_{ej}\,|\,V\,|\,\Psi_{\mu}\rangle$ дает амплитуду вероятности распада состояния Ψ_{μ} по каналу lj. Энергии и функции уровней находились обычной диагонализацией матрицы взаимодействия на частично-дырочном базисе.

---

[1] Сотрудник Физико-энергетического института в Обнинске.