О ЧЕТВЕРТОМ ОБОБЩЕНИИ МЕХАНИКИ НЬЮТОНА

Шипов Г.И.

В этом году исполнилось 12 лет с того момента, когда миру была впервые презентована новая механика, которая оказывается четвертым обобщением механики Ньютона [1]. В первом обобщении механики Ньютона (1905 г.) участвовали А. Пуанкаре, Г. Лоренц, А. Эйнштейн и Г. Минковский, которые создали специальную теорию относительности (релятивистскую механику), справедливую при скоростях движения частиц, близких к скорости света c. Второе обобщение механики Ньютона – общая теория относительности была стимулирована идеями Эйнштейна по геометризации физических полей. Благодаря усилиям М. Гроссмана, Д. Гильберта и А. Эйнштейна удалось геометризовать гравитационное поле (1915 г.) и показать, что гравитационное поля искривляет пространство-время. Наконец, третье обобщение механики Ньютона, известное как квантовая механика, появилась благодаря усилиям М. Планка, А. Эйнштейна, Н. Бора, Л. де Бройля, Э. Шредингера, П. Дирака и другим известным физикам (1928 г.). Отметим, что если первое и второе обобщение механики Ньютона появились в результате развития принципа относительности, то ее третье обобщение – квантовая механика оказалась справедливой уже в рамках нерелятивистского принципа относительности Галилея-Ньютона. Хотя никто из ведущих физиков не оспаривает эффективности уравнений квантовой механики при расчете квантовых явлений, физический смысл многих ее положений до сих пор является предметом многочисленных дискуссий.

Почти сразу после публикации уравнения Шредингера (1926 г.), Э. Маделунг представил это линейное относительно волновой функции де Бройля ψ комплексное уравнение в виде двух действительных, нелинейных уравнений гидродинамического типа [2]

$$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\nabla(\rho\vec{v})=0\,, \tag{1}$$

$$\rho\frac{d\vec{v}}{dt}=\rho\left(\frac{\partial\vec{v}}{\partial t}+\vec{v}\nabla\vec{v}\right)=-\frac{\rho}{m}\nabla U-\frac{\rho}{m}\nabla Q, \tag{2}$$

где $\rho=\psi^*\psi$ и $Q=-\hbar^2\Delta\sqrt{\rho}/2m\sqrt{\rho}$ - специфическая квантовая потенциальная энергия, которая *не содержится в гамильтониане уравнения Шредингера*. Если умножить уравнения (1) и (2) на массу частицы m, то видно, что они напоминают уравнения гидродинамики с плотностью жидкости $\rho=m\psi^*\psi$. Поэтому первоначально Э. Шредингер рассматривал волновую функцию с как *поле материи*, характеризуемое плотностью материи $\rho=m\psi^*\psi$ квантовой частицы. Интуитивно А. Эйнштейн полагал, что существует поле «неизвестной природы [3] », образующее тензор энергии-импульса и, следовательно, плотность материи ρ в обобщенных уравнениях Эйнштейна, удовлетворяющее уравнению Шредингера. Стоит обратить внимание, что во времена становления квантовой механики были известны три фундаментальных поля, данные нам в повседневных ощущениях: гравитационное, электромагнитное и *поле инерции* [4], причем, в отличие от поля инерции, гравитационное и электромагнитное поле имели достаточно подробное описание. Однако никому из теоретиков того времени не пришло в голову связать поле инерции с волновой функцией квантовой механики. Впервые на эту связь было указано в работе автора [5], причем развитие идей, высказанных в [5], привело к четвертому обобщению механики Ньютона, которое позволило объединить общую теорию относительности (механику Эйнштейна) с квантовой механикой.

Перечислим основные положения четвертого нерелятивистского обобщения механики Ньютона. Прежде всего, такая механика базируется на 6 мерном пространстве $A_3(3)$, которое образуют три трансляционных координаты x, y, z и три вращательных неголономных координаты φ, θ, ψ. Такое пространство носит название расслоенного пространства абсолютного параллелизма [4]. Эти шесть координат являются функциями времени. Между дифференциалами трансляционных координат dx^{γ}, $\alpha, \beta, \gamma ... = 1,2,3$ и дифференциалами неголономных вращательных координат $d\chi^{\alpha}{}_{\beta}$ задана неголономная связь следующего вида

$$d\chi^{\alpha}{}_{\beta} = T^{\alpha}{}_{\beta\gamma} dx^{\gamma} \; . \tag{3}$$

Здесь поле $T^{\alpha}{}_{\beta\gamma}$, имеющее тензорный закон преобразования относительно координат трансляционных координат x^{γ}, *есть поле инерции*, порождающее силы инерции в ускоренных системах отсчета [4]. Это поле можно представить как отношение бесконечно малого поворота $d\chi^{\alpha}{}_{\beta}$ к бесконечно малому смещению dx^{γ}

$$T^{\alpha}{}_{\beta\gamma} = \frac{d\chi^{\alpha}{}_{\beta}}{dx^{\gamma}} \; , \tag{4}$$

из которого следует, что *источником поля инерции (4) является вращение материи.*

Чтобы представить пределы применимости механики Ньютона в новой неголономной (в силу неголономной связи (3)) механике, представим упрощенные нерелятивистские уравнения движения (аналог второго закона Ньютона) новой механики в виде

$$m^* \vec{a} = \vec{F} \; , \tag{5}$$

где m^* - эффективная инерционная масса

$$m^*(t) = m\left(1 + \frac{\left|2[\vec{\omega}\vec{v}'] + [\vec{\omega}[\vec{\omega}\vec{r}'] + [\dot{\vec{\omega}}\vec{r}']\right|}{|\vec{a}|}\right) , \tag{6}$$

зависящая от угловой скорости вращения $\vec{\omega}$, m - масса тела в отсутствии вращения и $\vec{F}$ - внешняя сила, $\vec{r}'$ - локальный радиус, $\vec{v}'$ - локальная скорость. Уравнения движения (5) переходят в уравнения движения механики Ньютона при условии

$$\frac{\left|2[\vec{\omega}\vec{v}'] + [\vec{\omega}[\vec{\omega}\vec{r}'] + [\dot{\vec{\omega}}\vec{r}']\right|}{|\vec{a}|} << 1 \; , \tag{7}$$

т.е. когда угловая скорость вращения материи $\vec{\omega}$ мала и ею можно пренебречь.

Соотношение (4) можно представить как

$$T^{\alpha}{}_{\beta\gamma} = \frac{d\chi^{\alpha}{}_{\beta}}{dx^{\gamma}} = \frac{d\chi^{\alpha}{}_{\beta}}{dt}\frac{dt}{dx^{\gamma}} = \omega^{\alpha}{}_{\beta}\frac{1}{v^{\gamma}}, \tag{8}$$

где $v^{\gamma} = dx^{\gamma}/dt$ - трехмерная скорость, $\omega_{\alpha\beta} = -\omega_{\beta\alpha}$ - антисимметричный тензор угловой скорости. Умножая (8) слева и справа на v^{γ}, имеем

$$\omega^{\alpha}{}_{\beta} = T^{\alpha}{}_{\beta\gamma}v^{\gamma}. \tag{9}$$

Этот тензор связан с (псевдо)вектором угловой скорости соотношением $\omega_{\alpha} = \varepsilon_{\alpha\beta\gamma}\omega^{\beta\gamma}/2$, где $\varepsilon_{\alpha\beta\gamma}$ - символ Леви-Чивита. Формула ясно показывает, что поле инерции антисимметрично по индексам α и β, а его источником является вращение. Величины (8) носят название коэффициентов вращения Риччи, поскольку были введены итальянским математиком Г. Риччи в 1895 г. [6]. В геометрии $A_3(3)$, лежащей в основе неголономной механики, поля инерции $T^{\alpha}{}_{\beta\gamma}$ определяются через кручение

$$\Omega^{..\beta}{}_{\alpha\gamma} = -T^{\beta}{}_{[\alpha\gamma]} = -\frac{1}{2}e^{\beta}{}_{A}(e^{A}{}_{\alpha,\gamma} - e^{A}{}_{\gamma,\alpha}) \tag{10}$$

пространства $A_3(3)$ следующим образом

$$T^{\beta}{}_{\alpha\gamma} = -\Omega^{..\beta}{}_{\alpha\gamma} + g^{\alpha\delta}(g_{\alpha\mu}\Omega^{..\mu}{}_{\delta\gamma} + g_{s\mu}\Omega^{..\mu}{}_{\delta\alpha}), \tag{11}$$

где $e^{A}{}_{\alpha}$ - триада неголономных ортонормированных векторов $e^{(1)}{}_{\alpha}$, $e^{(2)}{}_{\alpha}$,$e^{(3)}{}_{\alpha}$, представляющая вращающуюся 3D систему отсчета, $g_{\alpha\mu}$ - метрический тензор пространства $A_3(3)$. Впервые гипотеза о связи кручения пространства с вращением материи была высказана Э. Картаном в 1922 г. [7]. Однако доказательство этой гипотезы удалось провести только для кручения (10) геометрии абсолютного параллелизма $A_3(3)$ и его релятивистского обобщения пространства $A_4(6)$ [4].

В неголономной механике шестимерное пространство $A_3(3)$ состоит и трехмерного пространства трансляционных координат x, y, z и внутреннего трехмерного пространства неголономных вращательных координат φ, θ, ψ. Полная энергия в таком пространстве представляет собой сумму внешней кинетической энергии $E_k = mv^2/2$ и внутренней энергии вращения $E_r = J\omega^2/2$. Однако, в силу соотношения (3), в неголономных механических системах существует связь между энергиями E_k и E_r [8] , что позволяет трансформировать внутреннюю вращательную энергию E_r в кинетическую энергию центра масс, при этом механическая система демонстрирует реактивное движение без отбрасывания массы [8]. Это свойство выводит механические системы с неголономными внутренними связями за рамки механики Ньютона и, одновременно, является доказательством правомерности четвертого обобщения механики Ньютона. Поскольку инерционная масса таких систем зависит от угловой скорости и, согласно (9), от поля инерции, то уравнения движения (5) для них необходимо записывать в виде

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad , \tag{12}$$

где

$$\vec{p} = \tilde{m} v_c \quad , \qquad \tilde{m} = m\left(1 + \frac{|[\vec{\omega}\vec{r}\,'] + \vec{v}\,'|}{|\vec{v}_c|}\right) \tag{13}$$

Для систем, свободных от внешних сил, с учетом (13), имеем

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \tilde{m}\frac{dv_c}{dt} + v_c \frac{d\tilde{m}}{dt} = 0 \, , \tag{12}$$

откуда видно, что центр масс системы движется ускоренно под действием сил инерции, порожденных внутренним вращением, т.е. полями инерции (11). Модель, демонстрирующую это явление, можно увидеть в фильме https://www.youtube.com/watch?v=oQ8ic-kB7Dk

Возвращаясь к уравнениям Маделунга (1),(2), эквивалентных уравнению Шредингера, заметим, что эти уравнения следуют в нерелятивистском приближении из уравнений движения неголономной механики [4]. Это означает, что квантовая механика описывает простейшую динамику поля инерции, связанного с квантовой частицей.

24.04. 2017

Литература

1. *Shipov G.* // Decartes' Mechanics – Fourth Generalization of Newton's Mechanics. In "7 th Intern. Conference Computing Anticipatory Systems " ~ HEC - ULg, Liege, Belgium, 2005, ISSN 1373-5411 ISBN 2-930396-05-9 P. 178 .
2. *Madelung E.*// Quantum Theory in Hydrodynamic Form, Z.Physic, **40** (1926), p.p. 332 -336.
3. *Эйнштейн А.* // Собр. науч. тр. М.: Наука, 1967. Т. 4. С. 286.
4. *Шипов Г.И.*// Теория физического вакуума, теория эксперименты и технологии, М., Наука, 1997. 450 с.
5. *Шипов Г.И.* // Проблемы теории элементарных взаимодействий, 1979, Москва, МГУ, Ч.1, с. 146.
6. *Ricci G.* // Mem. Acc. Linc. 1895. Vol. 2. Ser. 5. P. 276-320.
7. *Cartan E.* // Compt. Rend.1922. Vol. 174, p. 437.
8. *Шипов Г.И, Сидоров А.Н. //* Теоретические и экспериментальные исследования реактивного движения без отбрасывания массы. «Физика взаимодействия живых объектов с окружающей средой», 2004, М.: с.230.