

Погрешность численных расчетов траектории небесных тел

за счет новой формулы изменения массы

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

При расчете траектории космических аппаратов необходимо точное определение массы. Выведена формула для зависимости массы тела не только от скорости, но и от наличия скалярного и векторного потенциала электромагнитного и гравитационного поля. Оказалось, что небесные тела, являющиеся в поле гравитационного взаимодействия бозонами, имеют зависимость массы от скорости по величине $1+V^3/c^3$. Т.е. взаимодействие небесных тел надо считать почти по Ньютону.

В [1] выведена формула для изменения массы в электромагнитных и гравитационных полях

$$E = \frac{mc^2 \sqrt{1 + \frac{2U}{mc^2}} \sqrt{1 + \frac{(\mathbf{p} - \frac{e}{c}\mathbf{A})^2}{m^2c^2}} + \frac{U^2}{m^2c^4}}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}.$$

Причем это именно масса тела изменяется по этой формуле. Подсчет кинетической энергии тела добавляет дополнительный релятивистский знаменатель к этой формуле изменения массы см. ниже по тексту. Добавка определяется из равенств

$$-\frac{2r_g}{r}u + (1+2u)\frac{r_g^2}{r^2}; r_g = \frac{e^2}{mc^2} + \frac{Gm}{c^2}; r_F = \frac{(1/2+u)r_g}{u} = \frac{1+2u}{u} \left(\frac{\hbar}{137mc} + \frac{Gm}{c^2} \right). \quad \text{При}$$

уменьшении радиуса действия электромагнитных и гравитационных сил электромагнитная и гравитационная поправка равна нулю в случае

$$r_F = \frac{1/2+u}{u} \left(\frac{\hbar}{137mc} + \frac{Gm}{c^2} \right), mcr_F = \frac{1/2+u}{u} \left(\frac{\hbar}{137} + \frac{Gm^2}{c} \right).$$

В атоме классический радиус электрона гораздо больше его гравитационного радиуса и гравитационным

радиусом можно пренебречь. Скорость электрона равна $u = \frac{1}{137}$, получается что радиус действия электромагнитного потенциала соответствует спину фермиона.

При этом воздействия на спектр атома водорода изменение массы не оказывает, так как в атоме водорода этот множитель равен 1, электромагнитная поправка к 1 равна нулю в атоме водорода.

При радиусе, меньше чем радиус спина фермиона решение невозможно, спин фермиона - это стабильное состояние частицы. При радиусе, больше спина фермиона добавка отрицательная, и энергия частицы уменьшается. При радиусе, стремящемся к бесконечности (величина $\frac{1}{r} = 0$) добавка равна нулю.

Следовательно, имеется минимум добавки между двумя нулями добавки.

Добавка определяется из равенств

$$-\frac{2r_g}{r}u + (1+2u)\frac{r_g^2}{r^2}; r_g = \frac{e^2}{mc^2} + \frac{Gm}{c^2}; r_B = \frac{(1+2u)r_g}{u} = \frac{1+2u}{u} \left(\frac{\hbar}{137mc} + \frac{Gm}{c^2} \right).$$

Эта добавка описывает бозоны $mcr_B = \frac{1+2u}{u} \left(\frac{\hbar}{137} + \frac{Gm^2}{c} \right)$ при $u = \frac{1}{137}$ и поправка

отрицательная и равна $-\frac{u^2}{1+2u}$ и расположена при большем радиусе чем радиус

фермиона.

При большой скорости частицы или тела масса бозона может стать

мнимой $M_B = m\sqrt{1 - \frac{u^2}{1+2u}} / \sqrt{1 - V^2/c^2}$. Это объясняет появление темной энергии,

квадрат этой массы отрицателен и соответствует полю отталкивания. При

уменьшении скорости до величины $\frac{1/2+u}{u} = 137$ образуется фермион и

поправка к массе равна нулю. При малой скорости частицы бозон образует

постоянную массу, релятивистский знаменатель сокращается

$M_B = m\sqrt{1 - \frac{u^2}{1+2u}} / \sqrt{1 - V^2/c^2} = m(1+u^3)$. Гравитоны являются бозонами со

спином 2 и при малых скоростях их масса постоянная, т.е. тела нашей Солнечной системы имеют постоянную массу, без релятивистского знаменателя с точностью u^3 , т.е. их кинетическая энергия, если пользоваться релятивистской формулой для кинетической энергии

$$E_k = \frac{M_B c^2}{\sqrt{1-V^2/c^2}} - M_B c^2 = \frac{mV^2}{2} \left(1 + \frac{3}{4}u^2 + u^3\right).$$

Так как масса является константой с точностью до u^3 и не имеет поправки во втором законе Ньютона, равные u^2 , следовательно законы движения Ньютона надо писать в виде $m \frac{d^2 \mathbf{r}(1+u^3)}{dt^2} = -\frac{Gmm_k(1+u^3)}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_k|^3}(\mathbf{r}-\mathbf{r}_k)$. Относительная ошибка при скорости 10 km/s составляет $u^3 = 10^{-13}$, что при расстоянии между Землей и Солнцем, равным $1.49 \cdot 10^{13} \text{ cm}$ составляет 0.4 cm . Подсчет по релятивистским формулам приведет к погрешности 100 m , если численные методы не имеют погрешности. Если численные методы имеют погрешность, то ошибка на каждом шаге вычислений будет накапливаться. При количестве точек аппроксимации равном $N = 10^8$ ошибка аппроксимации по Ньютону составит $\sqrt{N}0.4 = 100 \text{ m}$, а ошибка вычисления по релятивистской формуле составляет 1000 km при радиусе Земли 6378 km , т.е. космический аппарат может просто не попасть на другое небесное тело.

Литература

1. Якубовский Е.Г. Закон изменения массы в электромагнитном или гравитационном поле. «Энциклопедический фонд России», 2019, 6 стр. http://www.russika.ru/userfiles/390_1549546296.pdf