Закон сохранения энергии при большой потенциальной и кинетической энергии

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Закон сохранения энергии при большом потенциале нужно записывать по-другому. Если для кинетической энергии она отличается от классического вида при большой скорости частицы, то для потенциальной энергии такой формулы не было. Предлагаемая формула при потенциале, равном нулю, соответствует формуле квантовой электродинамике и уточнение формулы для массы частицы. Но значение энергии водородоподобного атома в квантовой электродинамике вычислено неверно. Это следует из предлагаемых формул и энергия для частицы зависит от уменьшенной массы.

Закон сохранения энергии при большом потенциале записывается в виде

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

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

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

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

В случае наличия потенциала энергия частицы, выраженная через импульс, определяется по формуле и получается как решение нелинейного уравнения

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

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

$$E^2=(\mathbf{p}-\frac{e}{c}\mathbf{A})^2c^2+M^2c^4$$

$$M=m\sqrt{1+\frac{2U}{mc^2}\sqrt{1+\frac{(\mathbf{p}-\frac{e}{c}\mathbf{A})^2}{m^2c^2}}+\frac{U^2}{m^2c^4}};$$

Эта формула аналог формулы ОТО $g_{00}=1+\frac{2U}{mc^2}$, приводящей к сокращению энергии см. [1]. Более точная формула для энергии тела $E=mc^2u_0\sqrt{[g_{k0}(a_\beta^k)^{-1}/\sqrt{\lambda_\beta}]^2+g_{00}}$. Определение величина собственного вектора и собственного числа следует из формул $(g_{nm}-\lambda_\beta\delta_{nm})a_\beta^n=0;|g_{nm}-\lambda_\beta\delta_{nm}|=0$. Значение энергии и импульса содержат дополнительный множитель, но обозначаются одной буквой, учитывающей этот множитель. При малых значениях энергии он приводится к виду

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

$$E-mc^2=\frac{(\mathbf{p}-\frac{e}{c}\mathbf{A})^2}{2m}+U$$

В случае отсутствие потенциала, собственная энергия частицы определяется ее скоростью см. [2].

$$\psi_{pjlm}=\frac{1}{2\pi}\begin{pmatrix}\sqrt{E/c+Mc}R_{pl}(r)\Omega_{jlm}(\theta,\varphi)\\-\sqrt{E/c-Mc}R_{pl'}(r)\Omega_{jl'm}(\theta,\varphi)\end{pmatrix},l'=2j-l,$$

Проясняется и физический смысл постоянной ε, это значение собственной энергии системы, в отсутствии потенциального поля.

Наличие потенциала усложняет решение задачи по определению собственной энергии. нужно знать среднее значение потенциала и среднее значение кинетической энергии. В случае наличия потенциала имеем формулу $M = m\sqrt{1+\frac{2U}{mc^2}\sqrt{1+\frac{(\mathbf{p}-\frac{e}{c}\mathbf{A})^2}{m^2c^2}}+\frac{U^2}{m^2c^4}}$ и имеется приближенная формула для энергии частицы.

При уменьшении радиуса действия электромагнитных сил электромагнитная поправка равна нулю в случае $mrc = (1/2+u)\frac{e^2}{uc} = (1/2+u)\frac{\hbar}{137u}$. В атоме скорость электрона равна $u = \frac{1}{137}$, получается что радиус действия электромагнитного потенциала соответствует спину частицы и далее не уменьшается.

Приближенная формула для энергии частицы в атоме запишется в виде см. [2]

$$E(r_0) = mc^2\sqrt{1+\frac{2U(r_0)}{mc^2}\sqrt{1+\frac{(\mathbf{p}-\frac{e}{c}\mathbf{A})^2(r_0)}{m^2c^2}}+\frac{U^2(r_0)}{m^2c^4}}\{1+\frac{(Z\alpha)^2}{[\sqrt{\chi^2-(Z\alpha)^2}+n_r]}\}^{-1/2} =$$

$$= mc^2\sqrt{1+u^3/2}\{1-\frac{(Z\alpha)^2}{2n^2}-\frac{(Z\alpha)^4}{2n^3}(\frac{1}{j+1/2}-\frac{3}{4n})\}; mcr_0 = \frac{\hbar}{2}; u = \frac{1}{137}$$

Энергия покоя в этой формуле компенсируется, а квантовое слагаемое умножается на величину $u^3/4$ результате получается дополнительное слагаемое $\frac{(Z\alpha)^2\alpha^3}{8n^2}$, т.е. поправка пятого порядка по величине $u = \alpha = \frac{1}{137}$, что сравнимо с радиационной поправкой и ее надо учитывать. Но комплексных радиационных поправок к энергии электрона имеется счетное количество, так что считать действительную поправку не имеет смысла. Внутреннее строение электрона имеет счетное количество состояний и поэтому считать единственную поправку бессмысленно см. [3] .

Литература

1. Якубовский Е.Г. Описание собственного вращения в ОТО «Энциклопедический фонд России», 2018, 12 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1549396886.pdf
2. *Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П.* Квантовая электродинамика, т.IV, М.,- «Наука»,1989 г., 727стр.
3. Якубовский Е.Г. Счетное количество комплексных радиационных поправок. «Энциклопедический фонд России», 2018, 6 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1477952206.pdf