Потенциал в модели "тяжелого" кваркония

Завидов Евгений Алексеевич

Научный руководитель д.ф.-м.н. Слабоспицкий С.Р.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Отчет о научно-исследовательской работе
28 мая 2024 г.

Содержание

Введение

Кварконий - мезон, состоящий из пары кварк-антикварк одного "аромата".
Пример: J/ψ-мезон, Υ-мезон

Описание масс с помощью модельного потенциала

- За счет нерелятивистского движения тяжелых кварков в состояниях кварkония, его спектр масс может быть найден при помощи радиального уравнения Шредингера с модельными потенциалами взаимодействия кварков.
- В данной работе рассматриваются потенциалы

$$V(r) = -\frac{a_1}{r} \tag{1}$$

и

$$V(r) = -\frac{a_2}{r} + b_2 r \tag{2}$$

Постановка задачи

С учетом (1) уравнение Шредингера выглядит следующим образом

$$-\frac{1}{2\mu}\frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}r^2} + \left(\frac{l(l+1)}{2\mu r^2} - \frac{a_1}{r}\right) u(r) = Eu(r) \qquad (3)$$

Вводим безразмерный параметр длины $\rho = r\mu$

Решение задачи для кулоновского потенциала

Теперь уравнение Шредингера представляется в форме

$$\begin{aligned} &\frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}\rho^2} + \left(-\frac{l(l+1)}{\rho^2} + \frac{2a_1}{r} + \epsilon\right) u = 0 \\ &\epsilon = \frac{2E}{\mu} \end{aligned} \tag{4}$$

Численное решение профитировано по известному спектру масс, параметр $a_1 = -11.605$ и $\chi^2 = 0.5667$.

Полученные функции распределения вероятности для n=1,2,3

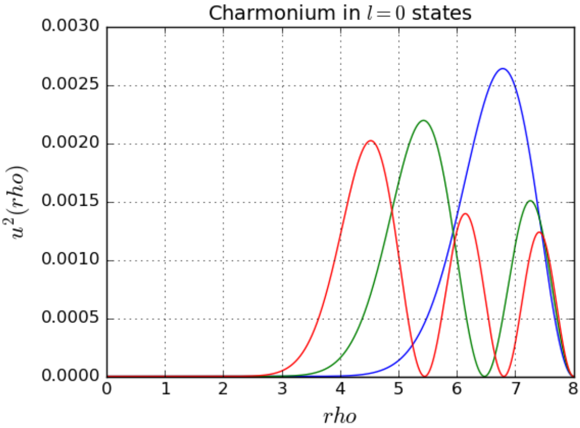

Рис.: $|u(\rho)|^2$ для $l = 0$ в кулоновском потенциале

Полученные функции распределения вероятности для n=1,2,3

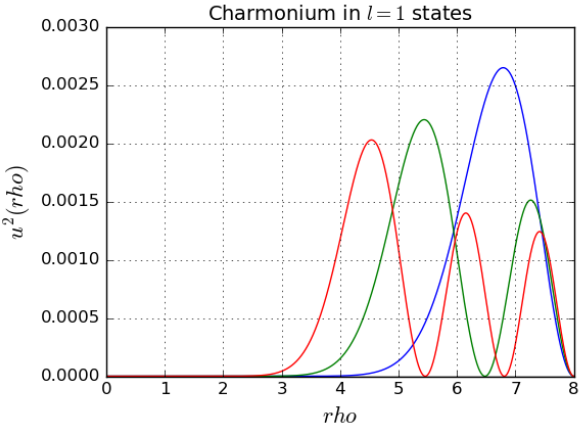

Рис.: $|u(\rho)|^2$ для $l = 1$ в кулоновском потенциале

Постановка задачи

С учетом (2) уравнение Шредингера принимает вид

$$-\frac{1}{2\mu}\frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}r^2} + \left(\frac{l(l+1)}{2\mu r^2} - \frac{a_2}{r} + b_2 r\right) u(r) = Eu(r) \qquad (5)$$

Вводя безразмерные параметры

$$\rho = (b\mu)^{\frac{1}{3}}\, r$$

$$\lambda = \frac{a\mu^{\frac{2}{3}}}{b^{\frac{1}{3}}}$$

$$\epsilon = \frac{2E\mu^{\frac{1}{3}}}{b^{\frac{2}{3}}}$$

Решение задачи с потенциалом Корнелла

Уравнение (5) переписывается в форме

$$-\frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}\rho^2} + \left(\frac{l(l+1)}{\rho^2} - \frac{2\lambda}{r} + 2\rho\right) u = \epsilon u \tag{6}$$

Численное решение профитировано по известному спектру масс, параметры $a = 0.2$, $b = 0.17\ GeV^2$, $\chi^2 = 0.1254$

Полученные функции распределения вероятности для n=1,2,3

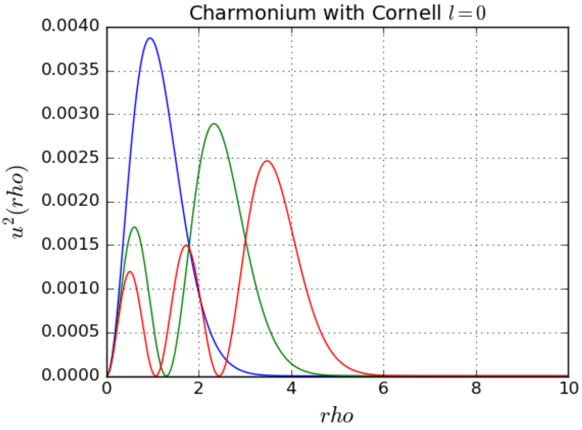

Рис.: $|u(\rho)|^2$ для $l = 0$ в потенциале Корнелла

Полученные функции распределения вероятности для n=1,2,3

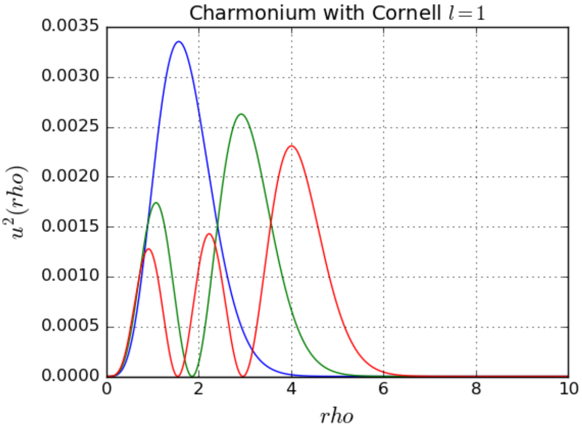

Рис.: $|u(\rho)|^2$ для $l = 1$ в потенциале Корнелла

Результаты

Таблица: **Значения масс состояний чармония**

	ψ^{1S}	ψ^{2S}	ψ^{3S}	ψ^{1P}	ψ^{2P}	ψ^{3P}
Exp	3097	3686	4040	3556	3927	4310
Corn	3097	3626	4046	3430	3874	4256

Дальнейшая работа

В данной работе не учитывались вклады от спин-спинового и спин-орбитального взаимодействий, поэтому дальше планируется скорректировать результаты с учетом вышеназванных поправочных членов.