

# ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТА

## КЛАССИЧЕСКОЕ СЕЧЕНИЕ РЕКОМБИНАЦИИ ЧАСТИЦЫ В КУЛОНОВСКОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ПРИТЯЖЕНИЯ

Научный руководитель  
к.ф.-м.н., доцент

К. М. Белоцкий

Выполнил

Д. С. Калашников

Москва 2019

# Введение

**Рекомбинация** - процесс падения одной частицы на другую, с дальнейшим изменением их состава.

$$v \ll \alpha_y^{\frac{5}{2}}$$

$$\sigma_{cl} = (4\pi)^{\frac{2}{5}} \pi \frac{\alpha_y^2}{\mu^2} \frac{1}{v^{\frac{14}{5}}}, \quad (1)$$

$$\sigma_{qu} = \frac{32\pi}{3\sqrt{3}} \frac{\alpha_y^3}{\mu^2} \frac{\ln(v^{-1})}{v^2}. \quad (2)$$

Цель — исследовать пределы применимости классической формулы

## Задачи

1. Ознакомиться со статьей, в которой было получено ограничение на начальную относительную скорость движения частиц, при котором применима классическая формула:  $v \ll \alpha_y^{\frac{5}{2}}$ .
2. Рассмотреть функциональную зависимость двух формул для сечения рекомбинации от начальной относительной скорости движения частиц в квазиклассическом пределе.
3. Ознакомиться с выводом классической формулы (1) полученным в статье Елютиным. Вычленить условия, при котором такая формула применима.
4. Ознакомиться с выводом классической формулы (1) полученным в учебнике по Теории поля Ландау и Лифшица. Вычленить условия, при которых этот вывод применим.
5. Дать оценку на пределы применимости формулы классического сечения рекомбинации.

# Функциональная зависимость формул (1) и (2) от $v$

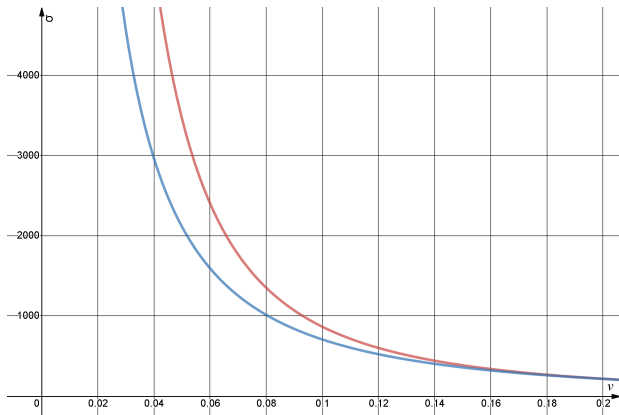


Рисунок 1 – Функциональная зависимость сечений рекомбинации от начальной относительной скорости частиц:  
красный — классическая формула, синий — квантовая формула

## Вывод классической формулы по Елютину

$$I = \frac{2e^2}{3c^3}(\ddot{r})^2. \quad (3)$$

В выводе были использованы приближения, которые накладывают следующие ограничения:

1.  $a_0 \ll \lambda$  , характерный размер системы много меньше длины излучаемой волны.
2.  $v \ll 1$  , начальная относительная скорость движения частиц много меньше скорости света.

# Вывод классической формулы по Ландау

1. При выводе формулы, поле рассматривали в волновой зоне, то есть вдали от самой системы зарядов.
2. Волновая зона также подразумевает малость длины излучаемой волны относительно расстояния на котором производится измерение поля.
3. Относительная скорость частиц много меньше скорости света

## Оценка характерного размера

Закон сохранения энергии (4):

$$\frac{\mu v'^2}{2} + \frac{\alpha}{a_0} = \frac{\mu v^2}{2}. \quad (4)$$

Условие нахождения характерного размера системы (5):

$$\frac{\mu v'^2}{2} \sim \frac{\alpha}{a_0}. \quad (5)$$

Получим оценку на  $a_0$  подставив (5) в (4):

$$a_0 \sim \frac{\alpha}{\mu v^2}. \quad (6)$$

# Заключение

Основной результат: получена (6) оценка на характерный размер системы, при котором применима классическая формула (1).

Куда нужно двигаться:

1. Численная оценка характерного размера для экспериментов где применялся расчет по классической формуле.
2. Разобрать вывод квантовой формулы (2)



Спасибо за внимание!