

Пространственная зависимость спин-тюна

13 мая 2019 г.

Из COSY Infinity мы имеем функцию спин-тюна $\nu_s(\vec{z})$ в виде разложения ряда Тэйлора, где

$$\begin{aligned}\vec{z} &= (x, a, y, b, \ell, \delta), \\ \ell &= -(t - t_0)v_0 \frac{\gamma - 1}{\gamma}, \\ \delta &= \frac{\Delta K}{K}.\end{aligned}$$

Мы проверяем следующую гипотезу #0: функцию спин-тюна $\nu_s(\vec{z})$ многих переменных можно свести к функции одной сложной переменной $\nu_s(\gamma_{eff})$.

Предположим, что мы не знаем формальное выражение параметра γ_{eff} ; но в любом случае, если гипотеза #0 верна, то существует система координат (одной из осей которых является ν_s), в которой частицы, совершающие бетатронные колебания в горизонтальной плоскости неотличимы с точки зрения спин-тюна от частиц, совершающих колебания в вертикальной плоскости.

К тому же, в этой системе координат не должны присутствовать координаты из поперечного фазового пространства (x, y) , и (y, b) .

Таким образом, будем рассматривать пространство $\mathcal{P} = (\ell, \delta, \nu_s)$. Если гипотеза #0 верна, траектории частиц в поперечном фазовом пространстве не должны отражаться на траектории частиц в \mathcal{P} .

1 Результаты симуляции

Здесь представлены результаты анализа данных теста по проверке спин-тюна эквивалентности частиц с разными траекториями но одинаковыми равновесными уровнями энергии. Сетап симуляции описан в разделе 2.5 диссертации.

На Рисунке 1а изображена зависимость $\nu_s(\vec{z})$ от (ℓ, δ) в том случае, когда \vec{z} представляет реальную фазовую координату частицы в ускорителе. Мы наблюдаем:

1. стратификацию среднего уровня спин-тюна, как мы это видели в симуляциях по подавлению декогеренции в разделе 2.2.6;

2. стратификация гораздо значительнее для X-банча (синий), чем для Y-банча (красный).

Последнее объясняется большим значением функции дисперсии в горизонтальной плоскости.

На Рисунке 1b изображена та же зависимость, но только в этот раз $\vec{z} = (0, 0, 0, 0, \ell, \delta)$, т.е. функция взята только на проекции фазовых эллипсов частиц на плоскость продольного фазового пространства. Таким образом, функция спин-тюна не различает поперечные фазовые пространства пучков. Мы видим, что в этом случае спин-тюны обоих пучков лежат в одной и той же плоскости.

Отметим, что при построении рисунков использовались частицы с одинаковым произведением поперечного эмиттанта на бетатронный тюн (значения указаны на легенде), т.е. приблизительно равного удлинения орбиты, если рассчитывать его по формуле

$$\left(\frac{\Delta L}{L}\right)_{\beta} = \frac{\pi}{2L}[\epsilon_x \cdot Q_x + \epsilon_y \cdot Q_y].$$

(Приблизительно, потому что частицы Y-банча имеют малый (на уровне $\leq 10^{-10}$ м·рад), но ненулевой эмиттанс в (x, a) , которым я пренебрегаю.)

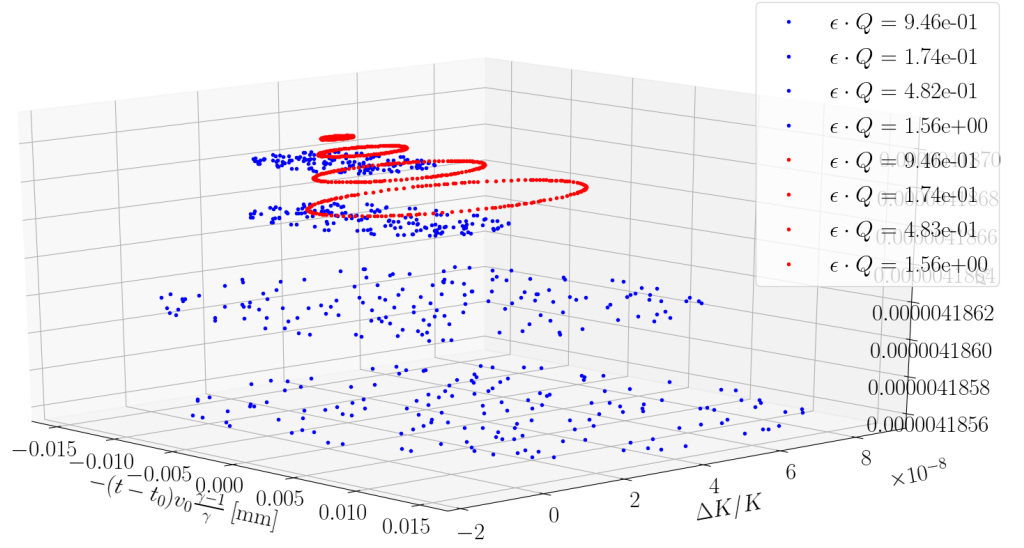
Данные рисунки получены из структуры с выключенными сексеуполями, однако такая же картина (нестратифицированный спин-тюн в наклонённой плоскости) наблюдается в случае использования оптимизированного семейства соответствующих секступолей в структуре.

На Рисунке 2 изображена та же самая зависимость, но в этот раз, при вычислении спин-тюнов к координатам продольного фазового пространства добавлялись координаты соответствующего пучку поперечного фазового пространства, т.е. для Y-банча, $\vec{z} = (0, 0, y, b, \ell, \delta)$, для X-банча $\vec{z} = (x, a, 0, 0, \ell, \delta)$. Снова появляется стратификация.

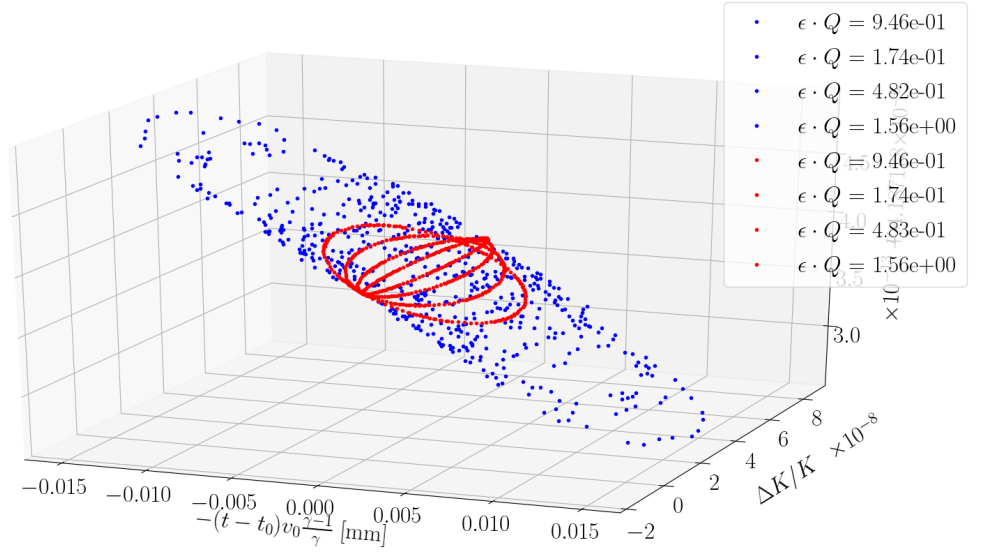
2 Вывод

Мы наблюдаем на Рисунке 3, что частицы, с приблизительно одинаковыми продольными эмиттантами имеют приблизительно одинаковый уровень спин-тюна, независимо от плоскости совершения бетатронных колебаний.

Таким образом, гипотеза #0 подтверждена.



(a) Использованы все переменные фазового пространства.



(b) Использованы только переменные продольного фазового пространства.

Рис. 1: Зависимость спин-тюна частицы от её положения в продольном фазовом пространстве.

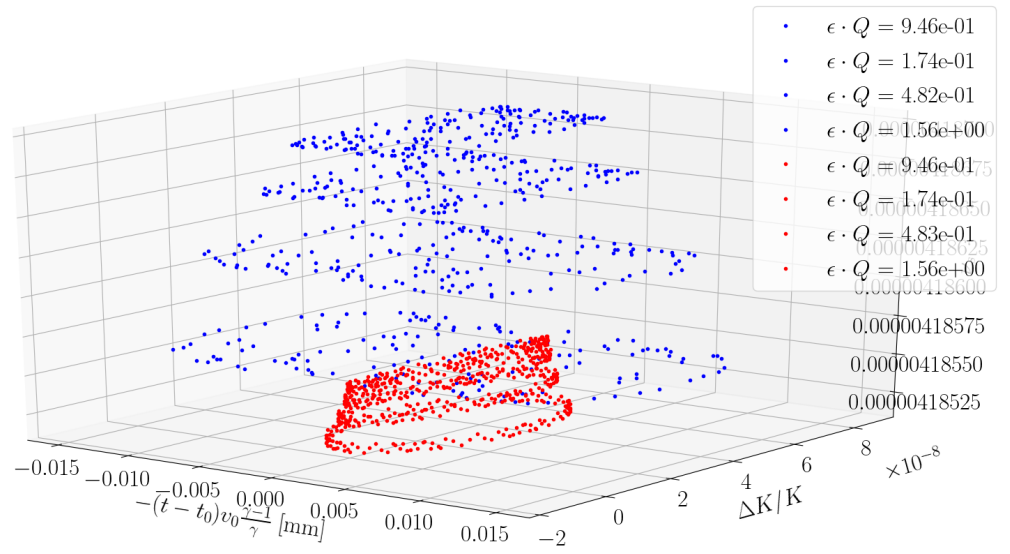


Рис. 2: Используются переменные продольного и соответствующего банчу поперечного (для Y-банча (Y, V), для X-банча (X, A)) фазового пространства.

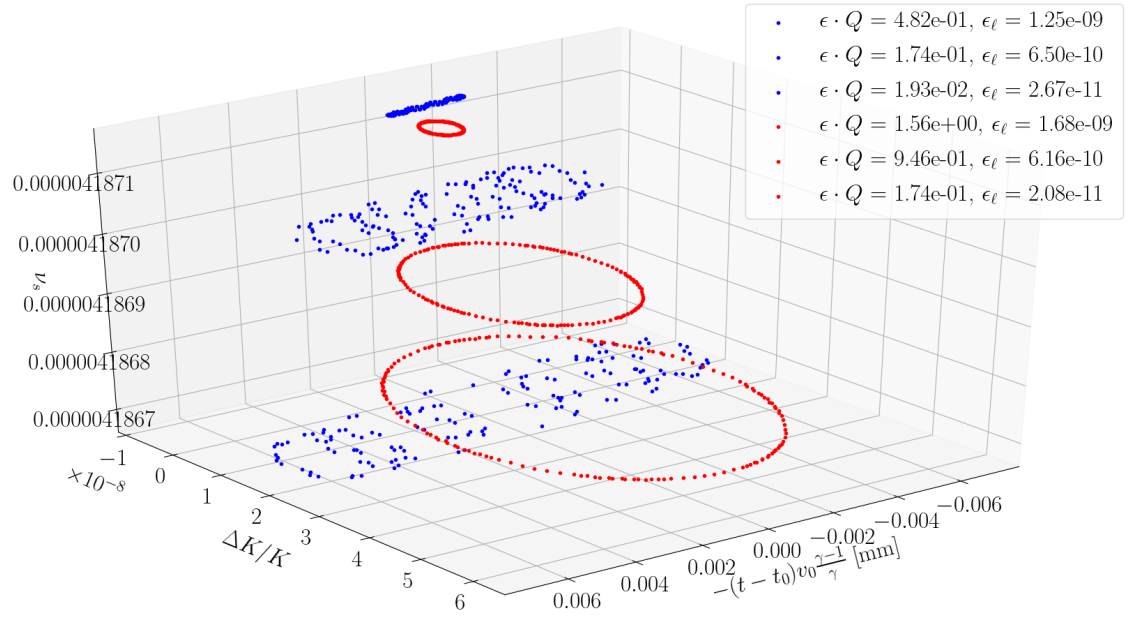


Рис. 3: Подобраны траектории с приблизительно равными продольными эмиттансами.