



Международная сессия-конференция  
секции ядерной физики ОФН РАН

2014

## Экстраполяция карты магнитного поля дипольного магнита SP-41 эксперимента BM@N на Нуклотроне ОИЯИ

П. Батюк, С. Мерц, О. Рогачевский

batyuk@jinr.ru

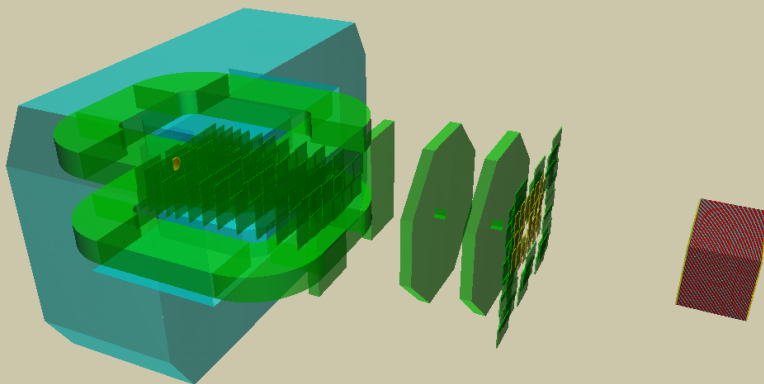
Лаборатория Физики Высоких Энергий, ОИЯИ

# Экстраполяция карты ...

## План доклада:

- 1 Магнит и существующая карта магнитного поля
- 2 Обоснование необходимости экстраполяции
- 3 Подход, используемый для экстраполяции
- 4 Полученные результаты

# Актуальная геометрия эксперимента BM@N

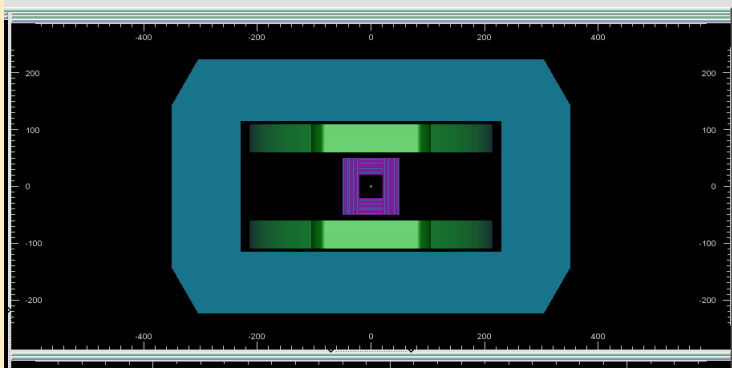


**Дипольный магнит SP-41**

# Магнит SP-41, общий вид



# Магнит SP-41, система координат



Область карты магнитного поля:

$$|X| \leq 228 \text{ см}$$

$$|Y| \leq 54 \text{ см}$$

$$0 \leq Z \leq 322.5 \text{ см}$$

# Использование карты магнитного поля

## Формат карты

```
sym3
0.00000 228.000 115
0.00000 54.0000 28
0.00000 598.000 300
0.00000 -0.901426 0.00000
0.00000 -0.901417 0.00000
0.00000 -0.901406 0.00000
0.00000 -0.901382 0.00000
0.00000 -0.901348 0.00000
0.00000 -0.901303 0.00000
0.00000 -0.901246 0.00000
0.00000 -0.901179 0.00000
0.00000 -0.901100 0.00000
0.00000 -0.901008 0.00000
0.00000 -0.900902 0.00000
0.00000 -0.900781 0.00000
0.00000 -0.900645 0.00000
0.00000 -0.900492 0.00000
0.00000 -0.900320 0.00000
0.00000 -0.900129 0.00000
0.00000 -0.899915 0.00000
```

## Взятие поля в конкретной точке

```
fieldMap->GetBx(x, y, z);
fieldMap->GetBy(x, y, z);
fieldMap->GetBz(x, y, z);
```

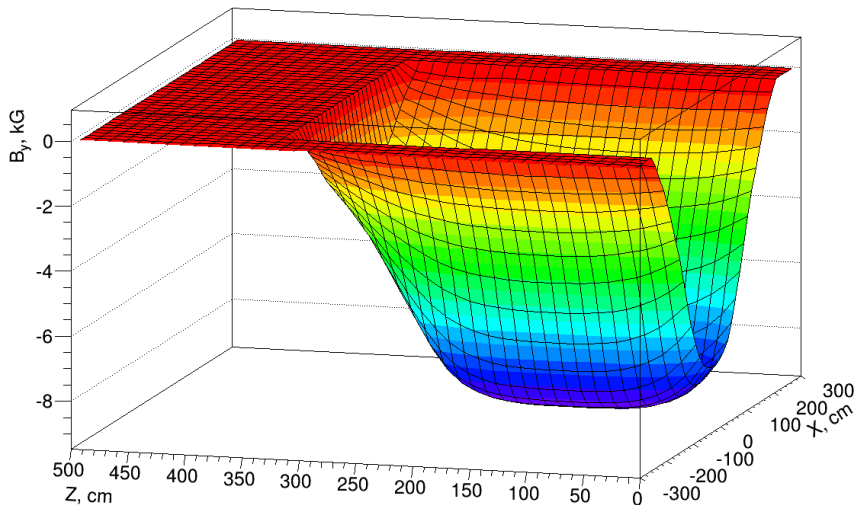
sym3:

$$x > 0, y > 0, z > 0$$

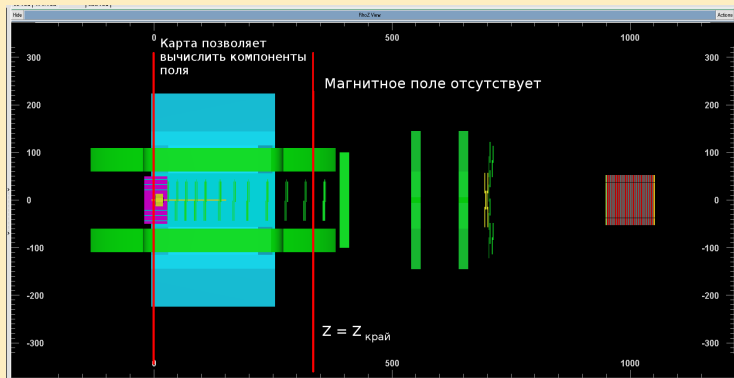
- $B_x$  антисимметрична по  $x$  и симметрична по  $y$  и  $z$
- $B_y$  симметрична по  $x$ ,  $y$  и  $z$
- $B_z$  антисимметрична по  $x$  и  $z$  и симметрична по  $y$

# Обоснование необходимости экстраполяции

Исходная карта поля,  $Y = 0$



# Обоснование необходимости экстраполяции



- При  $Z = Z_{\text{edge}}$  магнитное поле не становится равным нулю.
- Информация о координате  $Z$ , начиная с которой можно считать магнитное поле равным нулю, является крайне критичной.



# Используемый подход

## Требования к используемым функциям:

- **Гладкость** (непрерывная дифференцируемость);
  - Возможность найти значение в любой точке области экстраполяции;
- **Монотонность**;
  - Характер поведения экстраполируемой компоненты не должен меняться;
- **Ограниченность**;
  - Знак компоненты не должен меняться;

# Используемый подход

## Общий вид функций

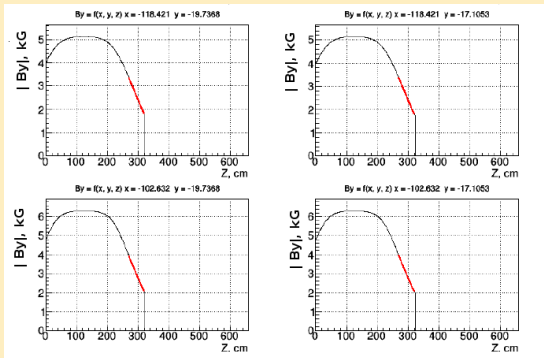
$$B_{comp}(x, y, z) = C(x, y) \cdot e^{-\frac{(z-\mu(x,y))^2}{2\sigma(x,y)^2}} \quad (1)$$

$$\lim_{z \rightarrow \infty} B_{comp}(x, y, z) = 0 \quad (2)$$

- 1 На плоскости  $XOY$  ( $|X| < X_{max}$  и  $|Y| < Y_{max}$ ) строилась равномерная сетка размерности  $N \cdot N$  узлов.
- 2 В каждом узле сетки для диапазона  $Z = [260 .. 320]$  см проводилась аппроксимация компоненты магнитного поля функцией (1).
- 3 Аппроксимация для каждого узла сетки позволяет получить три дискретно заданные функции для определения коэффициентов  $C(x, y)$ ,  $\mu(x, y)$  и  $\sigma(x, y)$ .
- 4 Используя билинейную интерполяцию, оцениваются значения коэффициентов в произвольной точке с координатами  $(x, y)$  для дальнейшего использования в формуле (1).

# Используемый подход

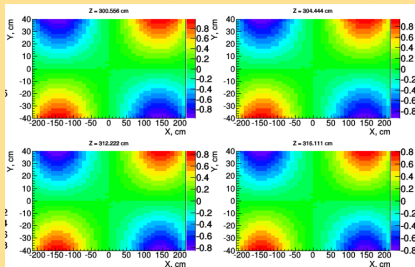
## Аппроксимация компоненты поля функцией вида (1)



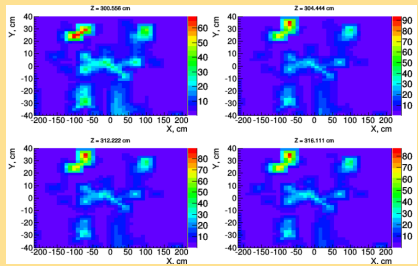
# Проверка качества экстраполяции

$Z = 300 \dots 316$  см, компонента  $B_x$

Карта поля



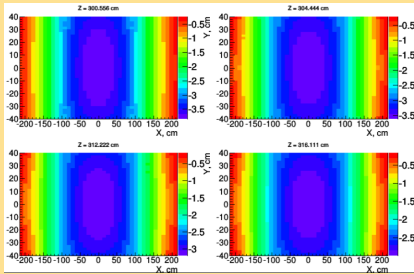
Относительная погрешность  $\delta$ , %



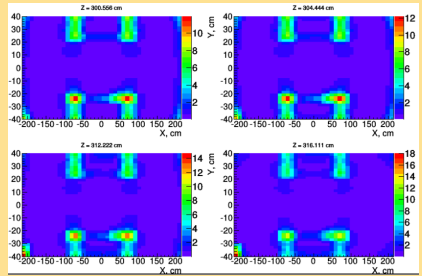
# Проверка качества экстраполяции

$Z = 300 \text{ .. } 316 \text{ см, компонента } B_y$

Карта поля



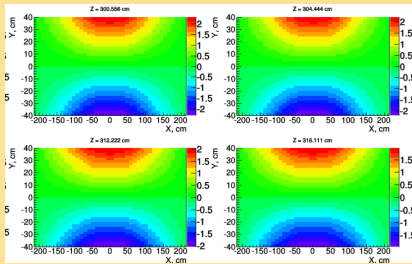
Относительная погрешность  $\delta, \%$



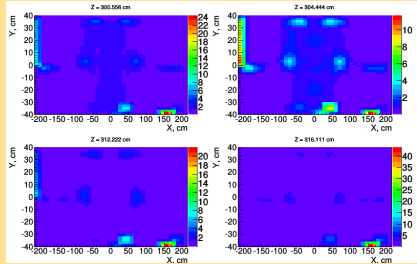
# Проверка качества экстраполяции

$Z = 300 \dots 316$  см, компонента  $B_z$

Карта поля

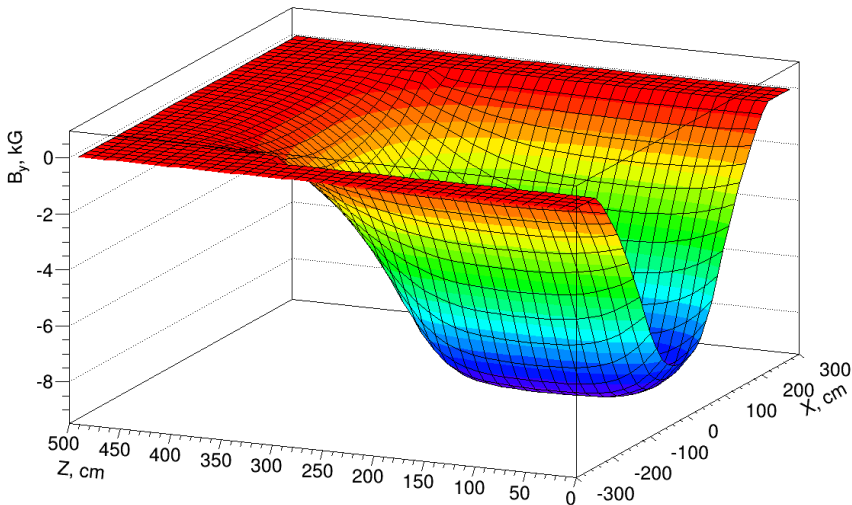


Относительная погрешность  $\delta$ , %



# Проверка качества экстраполяции

Экстраполированная карта поля,  $Y = 0$



# Результаты

- ➊ Предложен и реализован подход, позволяющий осуществить качественную и эффективную экстраполяцию магнитного поля за пределы области карты.
- ➋ В результате анализа выявлены проблемные зоны внутри карты магнитного поля, требующие проведения новых более тщательных измерений.
- ➌ Результаты расчета внедрены в программный комплекс BmnRoot.
- ➍ Планируется осуществить анализ эффективности глобального трекинга с использованием расширенной карты поля.