



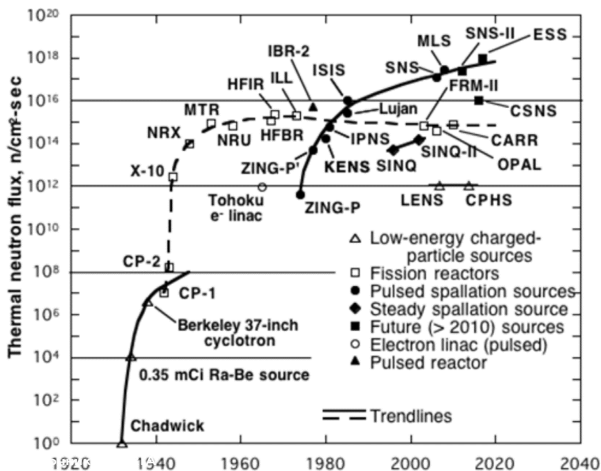
# Установки нейтронного рассеяния для компактного нейтронного источника

Павлов К.А.

ФПН-2017, Петергоф, 15 декабря 2017 г.



- ▶ Компактный источник уступает современным мегаустановкам 6 порядков потока нейтронов в замедлителе
- ▶ Решение — использовать имеющуюся интенсивность максимально эффективно

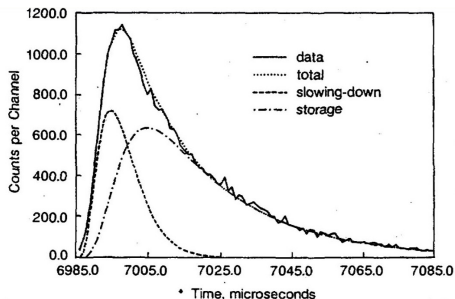




- ▶ Крупный пользовательский источник имеет компромиссные параметры для большого (20–30) набора установок
- ▶ Компактный источник -> малое число установок -> регулируемые параметры источника для каждого прибора индивидуально
- ▶ Низкий поток источника -> возможность разместить оптику вплотную к модератору без радиационного разрушения -> возрастает доступная апертура захвата



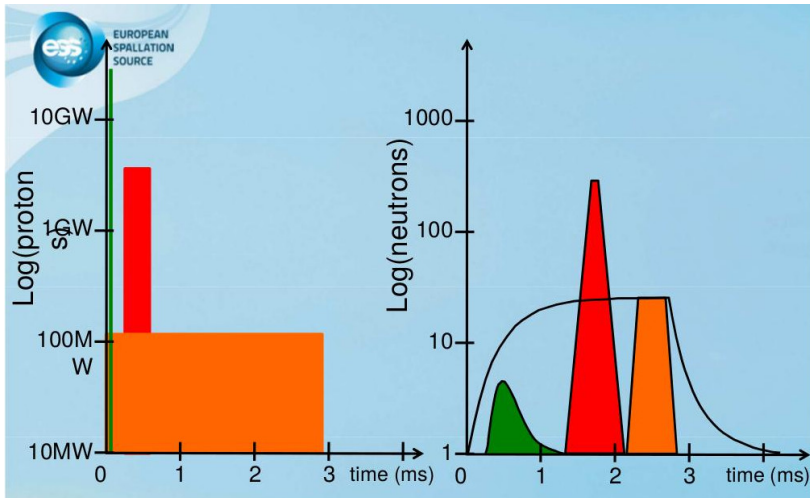
- ▶ Исторически создавались короткоимпульсные ( $<1$  мкс) источники для работы в режиме замедления и достижения очень высокого разрешения. Эта технология, по-видимому, подошла к границам возможностей теплосъема.



- ▶ ESS является первым длинноимпульсным источником (2.86 мс). Средний поток существенно вырос, источник больше похож на реакторы. Оптимизация под приборы холодного спектра и низкого разрешения — нужды современных пользователей.

# Оптимальная длительность импульса

Соответствие протонного импульса и времени модерации





$$FoM = \Phi_{peak} \frac{\tau}{T} = \Phi_{peak}^{0.7} \Phi_{av}^{0.3} \quad (1)$$

- ▶ Зависит от конкретного набора инструментов
- ▶ Общий результат зависит только от среднего потока и коэффициента заполнения
- ▶ Необходимо максимизировать и пиковый, и средний потоки



- ▶ Работа по расписанию — одновременная работа ровно одной установки
- ▶ Режим работы ускорителя (частота и длительность импульса) и замедлитель и выбираются оптимальными для работающего прибора или эксперимента
- ▶ Оптический тракт начинается непосредственно от замедлителя  
-> эффективное формирование фазового объёма пучка
- ▶ Все описанные решения неприменимы на крупных источниках и в совокупности дают 2–4 порядка выигрыша в потоке на образце при улучшении фоновых условий



- ▶ Продемонстрировать технологии и возможность реализации в компактном формате различных нейтронных методов
- ▶ Создать полноценную нейтронную лабораторию, отвечающую нуждам исследователей

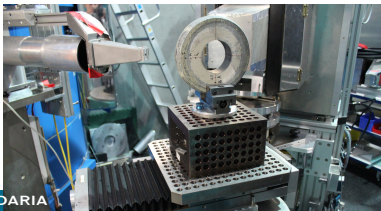




1. Доля запрошенных дней на эксперименты (годовые отчёты ILL 2014–16)
  - ▶ Дифракция 32% (порошковая 15%, монокристалльная 17%)
  - ▶ Large Scale 28% (МУРН 18%, рефлектометрия 10%)
  - ▶ Спектроскопия 40% (TOF 12%, TAS 16%, High-Res 12%)
2. Приборные базы ведущих центров

| Источник | Дифракция | LSS | Спектроскопия |
|----------|-----------|-----|---------------|
| ISIS     | 13        | 9   | 8             |
| SNS      | 6         | 6   | 7             |
| J-PARC   | 6         | 4   | 8             |
| ESS      | 5         | 5   | 6             |

3. Индустрия: радиография, стресс-дифрактометрия, LSS





- ▶ По одной установке для дифракции, спектроскопии, крупномасштабных структур и спин-эхо техник
- ▶ Оценка требований к характеристикам нейтронного пучка для различных методов:

$$\Delta\lambda = \frac{3957}{\nu L}$$

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\tau}{252L\lambda}$$



- ▶ Универсальный порошковый дифрактометр (+инженерный)

$$\frac{\Delta d}{d} = 5 \times 10^{-3}, \Delta\lambda = 2\text{\AA}$$

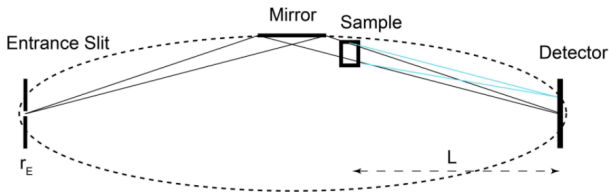
$$L = 17.5\text{м}, \nu = 113\text{Hz}$$

- ▶ Холодный дифрактометр (магнитный + макромолекулярный, две конечных позиции?)

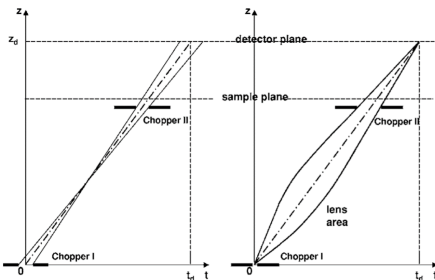
$$L = 8; 17.5\text{м}, \nu = 113\text{Hz}$$

- ▶ Фурье-опция?

- ▶ SANS: 10+10 м,  $\Delta\lambda = 10 \text{ \AA}$ ,  $\nu = 20\text{Hz}$
- ▶ Рефлектометрия: 5+10 м,  $5 + 10\Delta\lambda = 8 \text{ \AA}$ ,  $\nu = 33\text{Hz}$
- ▶ Радиогрaфия: 10 м,  $\Delta\lambda = 5 \text{ \AA}$ ,  $\nu = 80\text{Hz}$
- ▶ Фокусирующая геометрия?



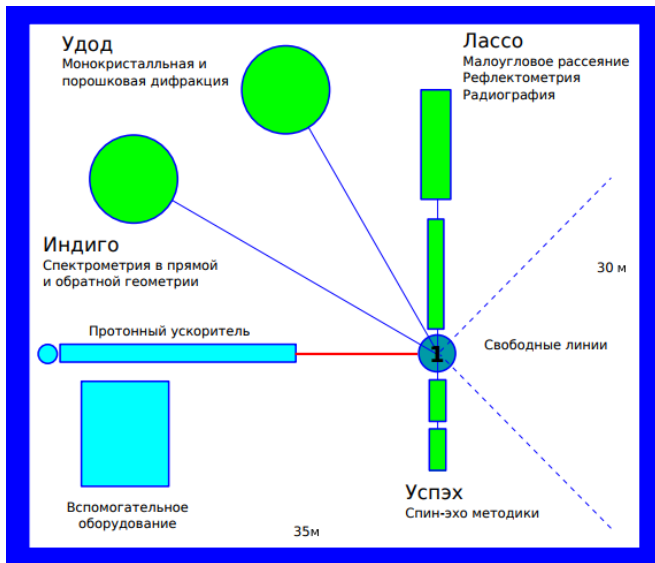
- ▶ Прямая геометрия биспектральное извлечение, частота на основе рассеянного диапазона 150 Гц (опция трехосника?)
- ▶ Обратная геометрия тепловые нейтроны,  $\Delta\lambda = 4 \text{ \AA}$ ,  $L=8 \text{ м}$ ,  $\nu = 123 \text{ Гц}$
- ▶ Спин-эхо, резонансное (SESANS, MIEZE, MIEZE-2) холодные нейтроны, аналогично рефлектометру
- ▶ ВременнАя фокусировка?





Три группы приборных опций:

- ▶ Тепловые  $T$ ,  $\tau = 44$  мкс,  $\nu = 120$  Гц
  - ▶ Универсальный дифрактометр
  - ▶ Спектрометр в обратной геометрии
- ▶ Биспектральные  $B$ ,  $\tau = 66$  мкс,  $\nu = 120$  Гц
  - ▶ Холодный дифрактометр
  - ▶ Спектрометр в прямой геометрии
  - ▶ Радиография
- ▶ Холодные  $C$ ,  $\tau = 110$  мкс,  $\nu = 20$  Гц
  - ▶ Малоугловая
  - ▶ Рефлектометр
  - ▶ Спин-эхо спектрометр





- ▶ Компактный источник — площадка для развития нейтронных методов исследования
- ▶ Источник — неотъемлемая часть установки нейтронного рассеяния
- ▶ Создана концепция нового источника и его приборной базы — университетская лаборатория нейтронного рассеяния
- ▶ Источнику требуется низкоэнергетичный сильноточный ускоритель с возможностью регулировки импульсного режима работы в заданных пределах
- ▶ Мишенная сборка должна обеспечить максимум нейтронного потока при существующем ограничении по теплосъёму и возможность использования сменных замедлителей.



- ▶ СПбГУ/ПИЯФ НИЦ КИ: П.И. Коник, Н.А. Коваленко, А.О. Петрова, Е.Е. Рувинская, Г.Д. Довженко, С.В. Григорьев
- ▶ ИТЭФ НИЦ КИ: Т.В. Кулевой, Г.Н. Кропачев
- ▶ ОИЯИ: С.А. Куликов, М.В. Булавин
- ▶ БФУ им. Канта: А.Ю. Гойхман, А.В. Сеницын, Е.С. Клементьев



Спасибо за внимание!

A decorative graphic consisting of several overlapping, flowing, wavy lines in shades of light blue and white. The lines originate from the left side and curve towards the right, creating a sense of movement and elegance. The background is a soft, light blue gradient.