



К юбилею Г.М. Драбкина

23 декабря 2012 г., исполнилось
90 лет со дня рождения
Гильяри Моисеевича Драбкина,
организатора нейтронных
исследований конденсированного
состояния и
**основателя Школы
поляризованных нейтронов
в ПИЯФ**
доктора физ.-мат. наук,
профессора,
Лауреата Государственной
премии СССР. Награждён Орденом
Великой Отечественной войны II
степени и медалями.

Вехи биографии

1923 г. – родился в Могилеве БССР

1941- окончил среднюю школу и поступил в ЛПИ им. М.И.Калинина

1941 – призван в армию, Ленинградский фронт

1942 – тяжелое ранение, госпиталь, демобилизация

1942 - Томский институт железнодорожного транспорта

1943 - Московский авиационный технологический институт

1945 – студент ЛПИ им. М.И.Калинина

1948 – распределен в п/я 1590, Челябинск 40

1957 – переведен в ФТИ им. А.Ф.Иоффе

1958 – кандидат Физ.-мат. наук. **Встреча и дискуссии с С.В.Малеевым**

1959 – Гатчина, филиал ФТИ

1960 – Зав. сектором ИКС

1970 – доктор Физ.-мат. наук

1986 – Лауреат Гос. Премии СССР

Настоящее время – Берлин, НМІ (отпуск б/с)



**Сергей Владимирович
Малеев** (тех лет)

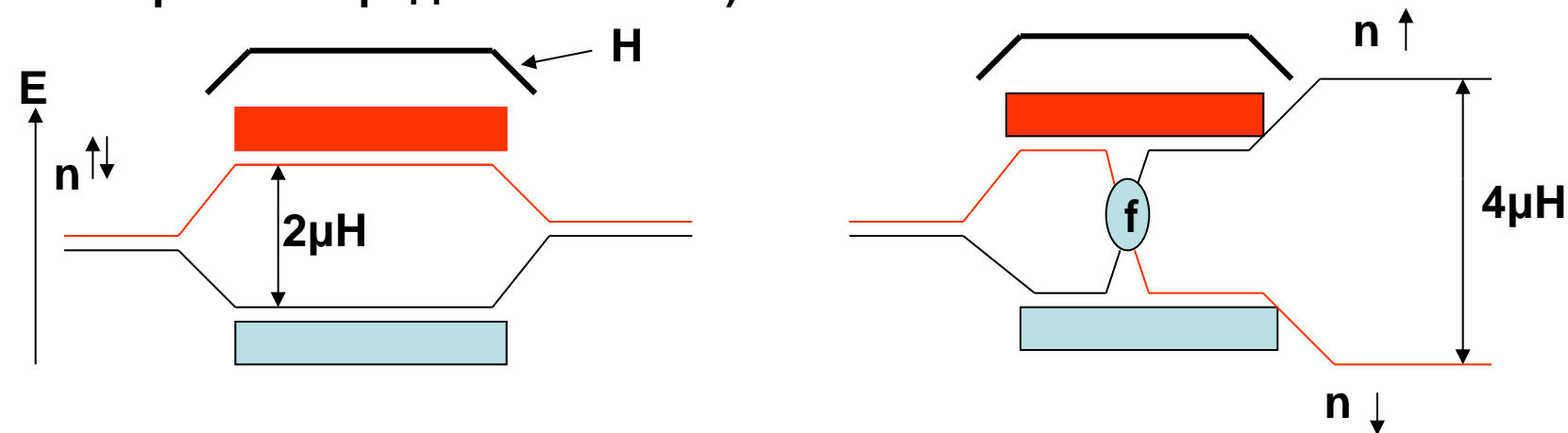
ГНС,
доктор физ.-мат. наук,
профессор,
Лауреат Государственной
премии СССР.
Награждён Орденом
«Дружбы»

**Вместе с Драбкиным
организовал
экспериментально-
теоретический тандем,
эффективно
существующий до сих пор**

Драбкин Г.М., Житников Р.А.

Получение сверххолодных поляризованных нейтронов. //ЖЭТФ, 1960, т.38, 1013.

Нейтроны при входе в магнитное поле изменяют свою энергию, расщепляясь на 2 μH для разных направлений спина, а на выходе (с обратным градиентом поля) это изменение исчезает.

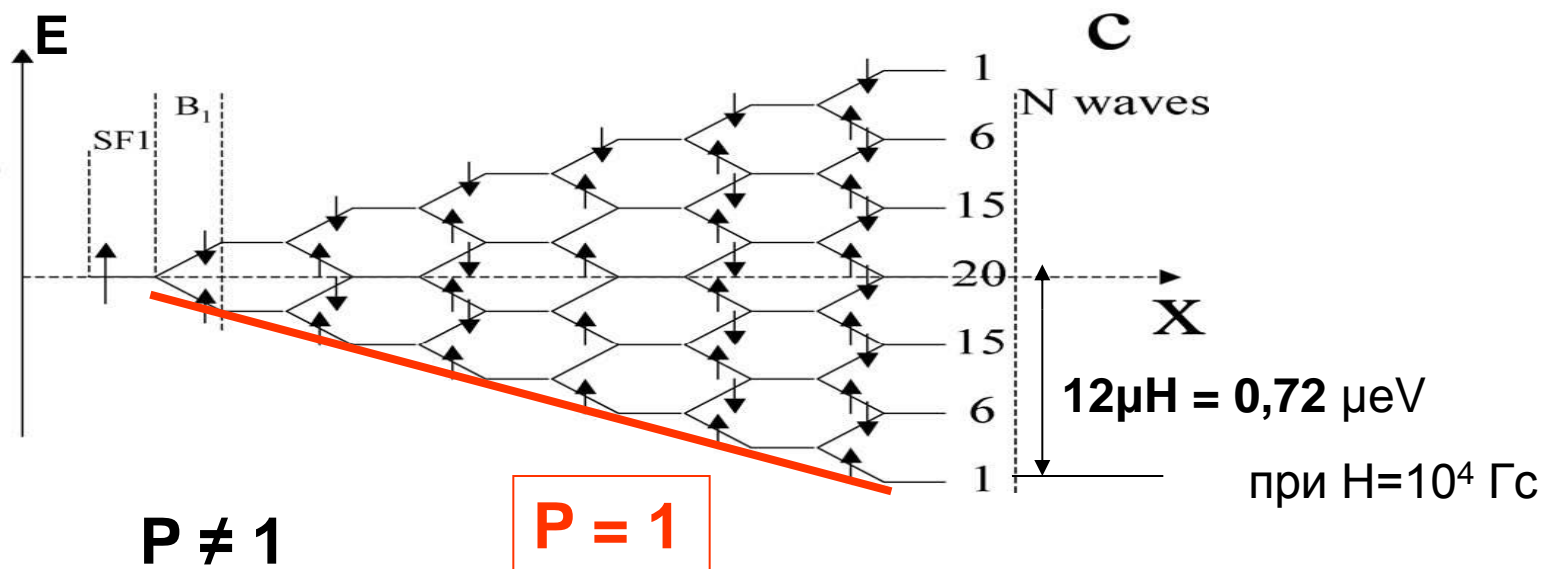


Но, если в поле перевернуть поляризацию, то на выходе это изменение удваивается и нейтрон изменяет энергию E на $2\mu H = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ H } \mu\text{eV}$

При $H=10^4 \text{ Гс}$ $2\mu H = 0,12 \mu\text{eV}$

От $\lambda=4\text{\AA}$ до УХН ($\lambda=600\text{\AA}$) надо 40 000 ячеек Драбкина

С.В.Григорьев
Ю.О.Четвериков
Л.А.Аксельрод
В.Н.Забенкин
А.В.Сыромятников
и др.



$P \neq 1$

$P = 1$

Эксперимент по мульти-волновой интерференции

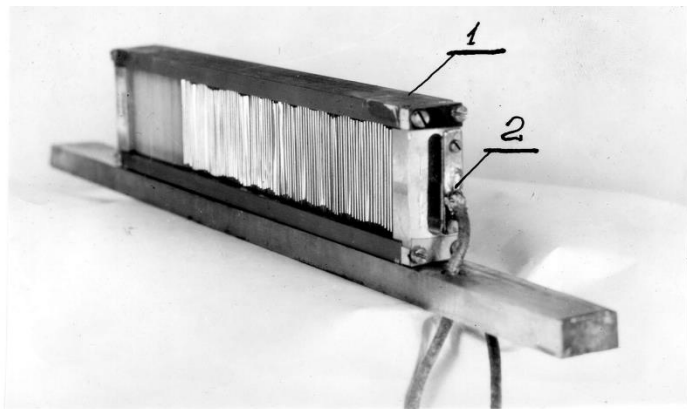
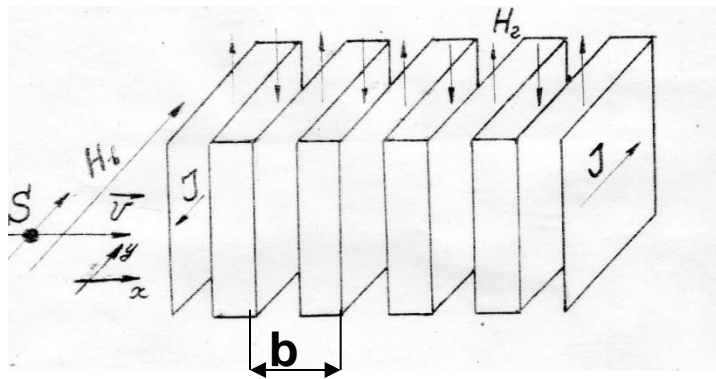
Драбкин Г.М.

Анализ энергетического спектра поляризованных нейтронов с помощью магнитного поля. ЖЭТФ, 1962, т.43, N2, 1107-1108.

Знаменитая «Гармошка Драбкина» - монохроматор

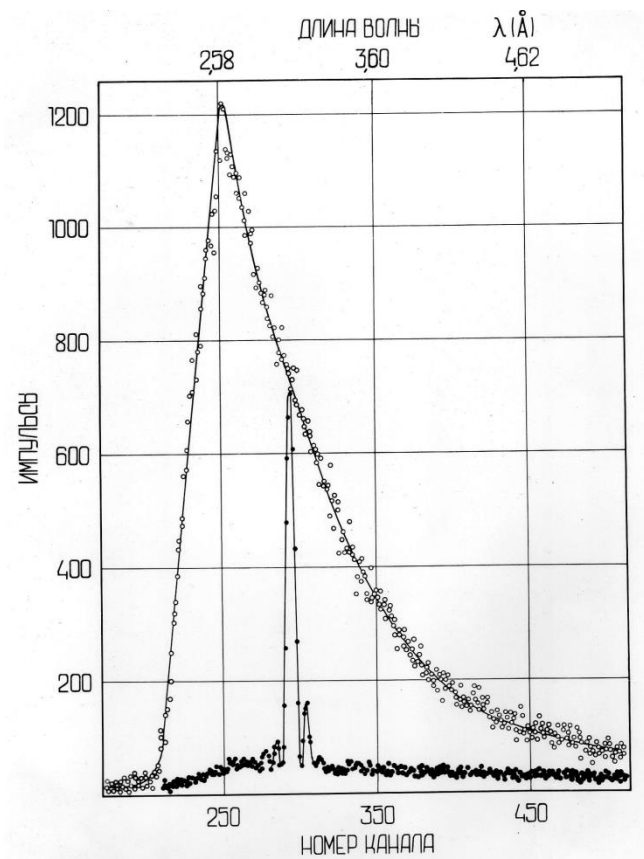
Ларморовская прецессия $\omega = \gamma H$

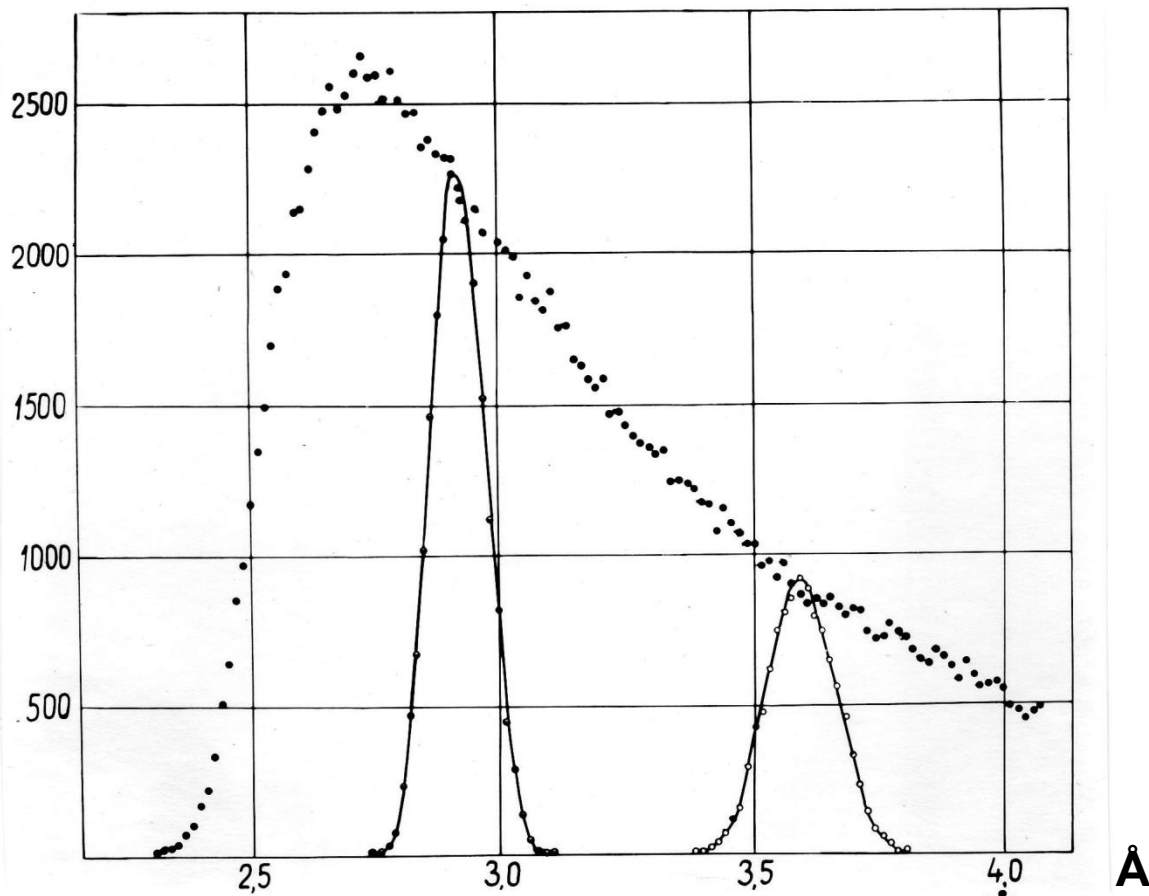
Частота в Гармошке $\omega = v/b$



Выделен спектр для $\lambda = 3.02 \text{ \AA}$
С полушириной 2%

Подставка связана с неполной начальной
Поляризацией $P=0.97$.





2-х каскадный вариант, полуширина (монокроматизация) 4,5%
 Линии выделены простым изменением поля Н.
 Ларморовской прецессия $\omega = \gamma H$

Если с **Теорией** проблем не было,

(С.В.Малеев с его группой интенсивно учили нас теории рассеяния поляризованных нейтронов)

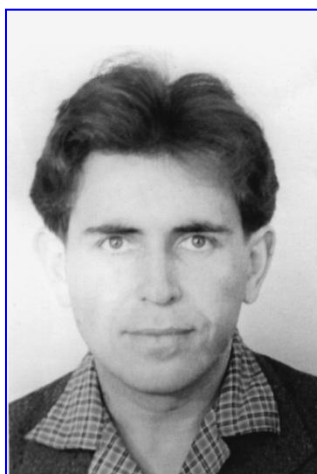
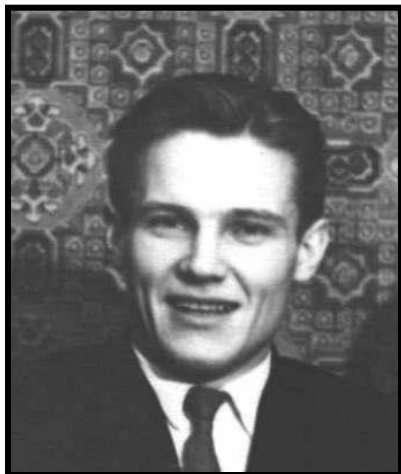
ТО

Эксперименты надо было начинать с **самого нуля**: -

- Заливка фанерных ящиков парафином с борной кислотой
- Тонны свинцовых кирпичей
- Резка – сварка металлов
- Нейтронные детекторы
- Поляризующие зеркала
- Электроника на базе нумераторов
- Создание установки
- и т.д.



Начало 60-х



Е.И.Забидаров Г.П.Гордеев Я.А.Касман В.А.Трунов А.И.Окороков

Драбкин Г.М., Забидаров Е.И., Касман Я.А., Окороков А.И.

Критическое рассеяние поляризованных нейтронов в никеле. // Письма в ЖЭТФ 2, 12 (1965) 541.

Малеев С.В. Письма в ЖЭТФ 2,12 (1965) 545.

(В рассеянии неожиданно наблюдалась отрицательная поляризация)

Из инварианта малеева:

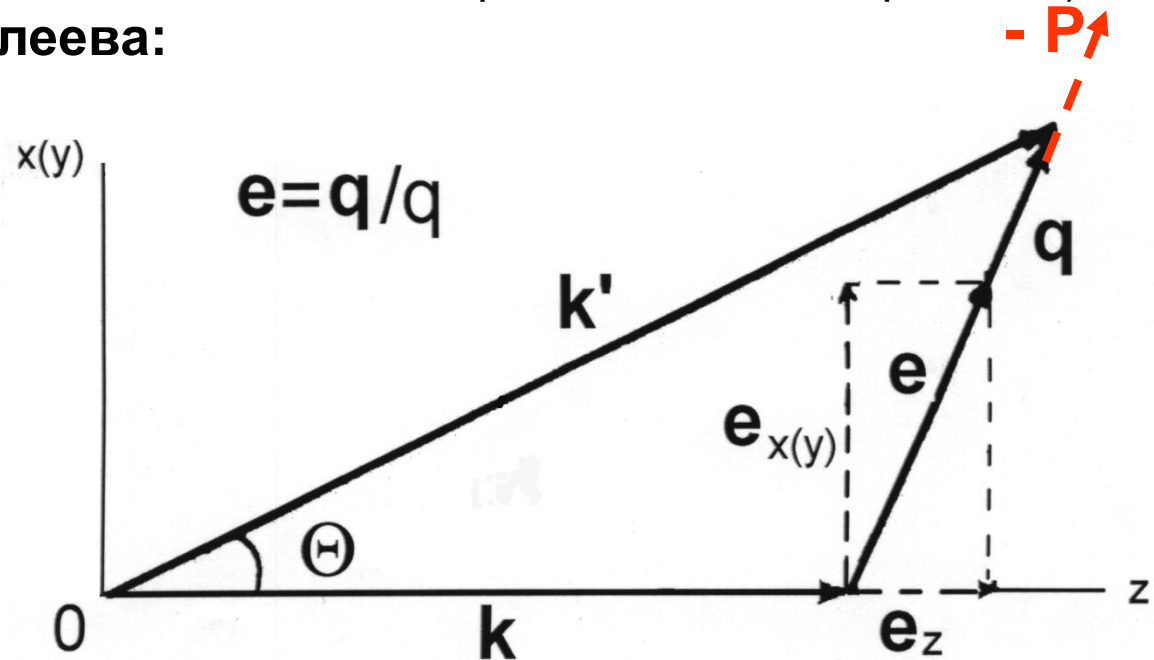
$$P = - e(eP_0),$$

$$\sum P_i = -1$$

$$i=x,y,z$$

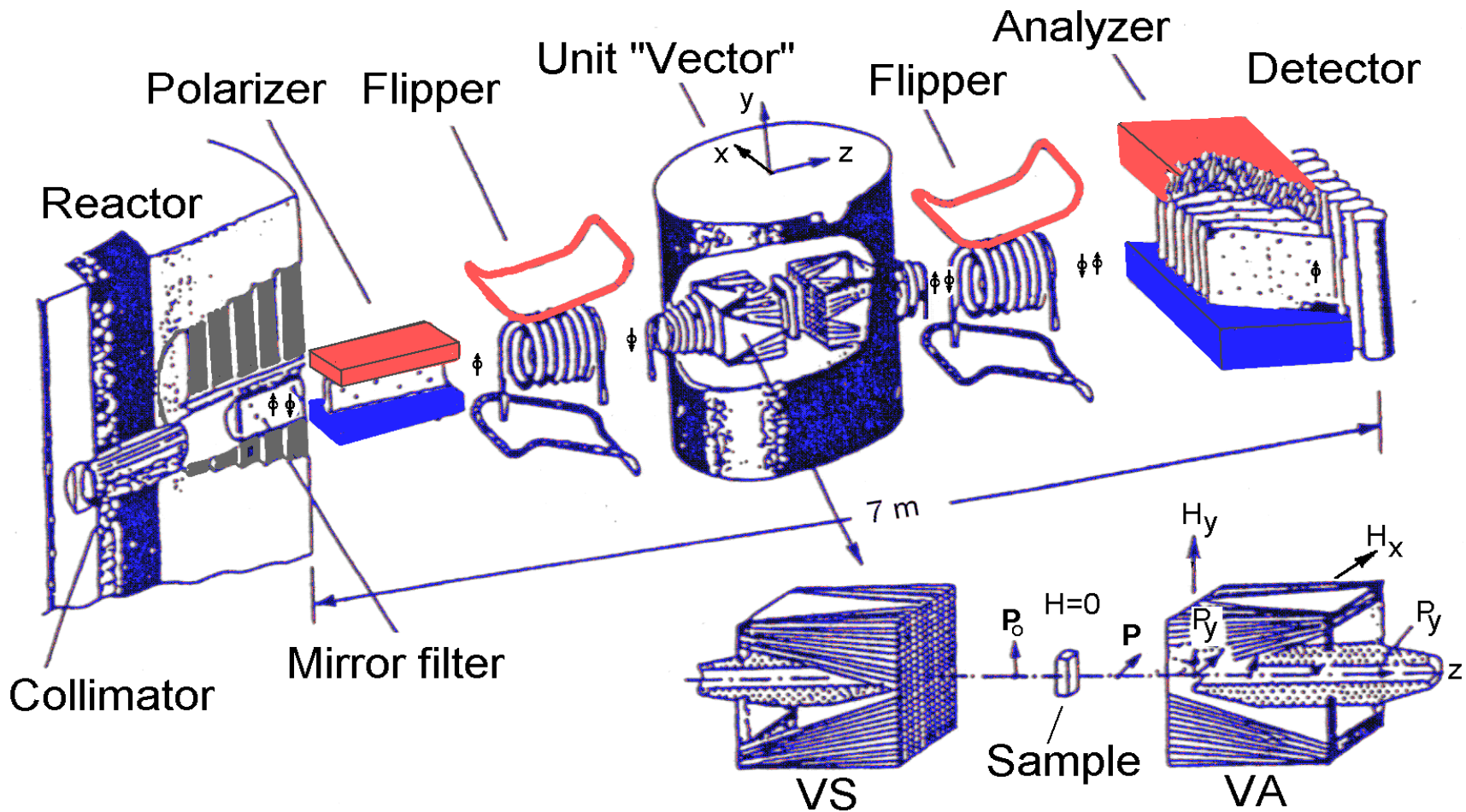
Малеев С.В.

ЖЭТФ,40 (1961) 1224

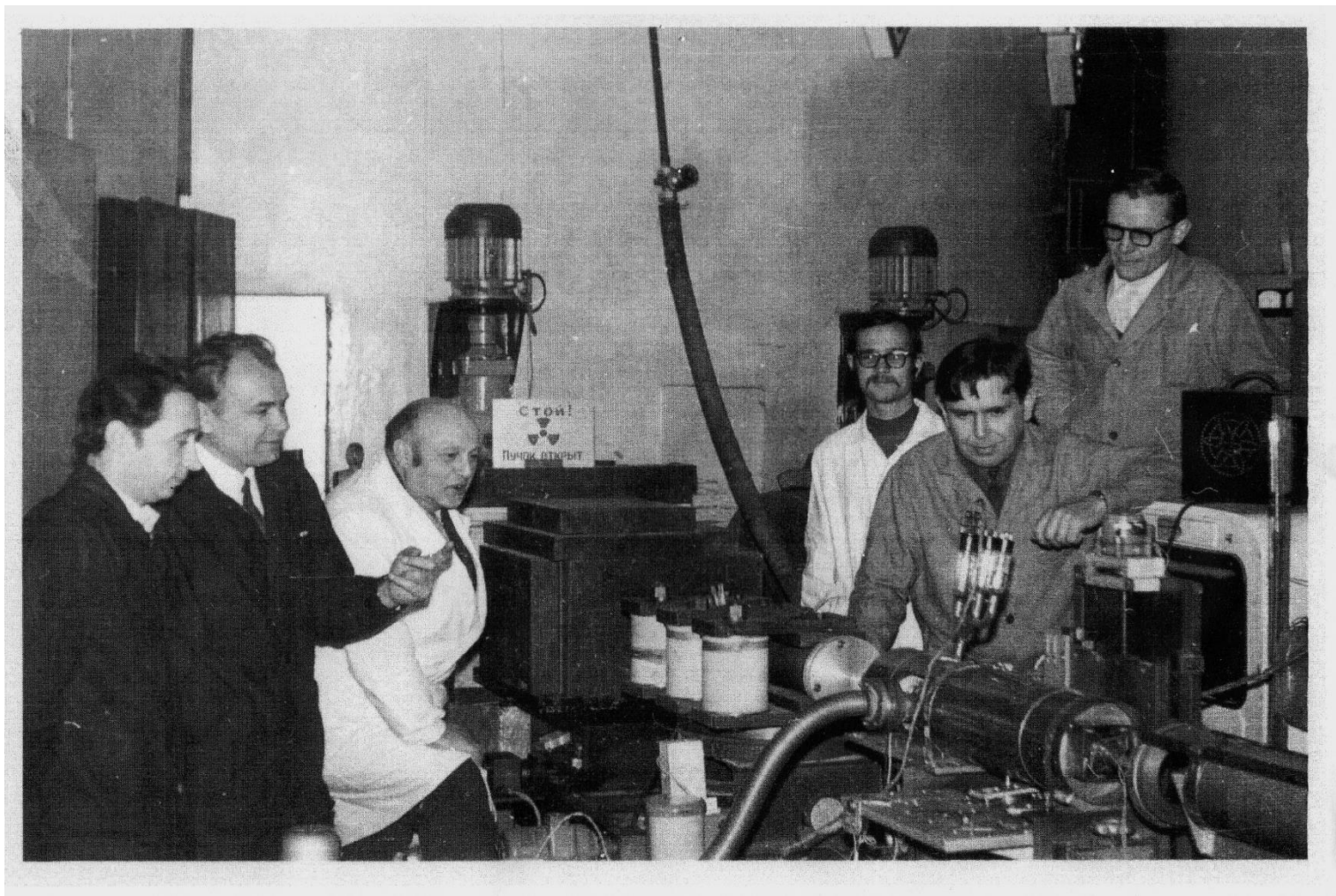


Возникла необходимость 3-мерного анализа поляризации

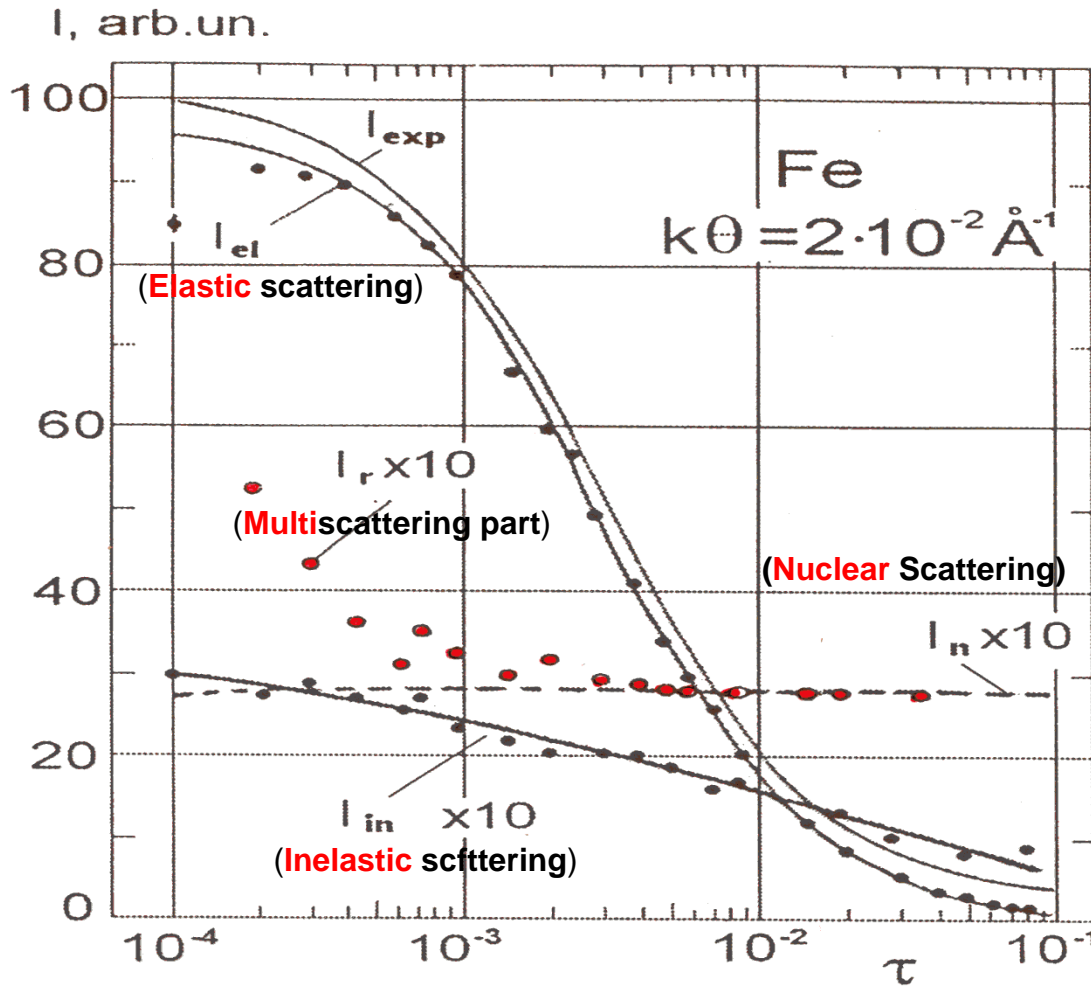
PNPI 3-d ANALYSIS



Г.Драбкин, В.Рунов, А.Окороков и др.



Установка ВЕКТОР на канале №4 реактора ВВР-М

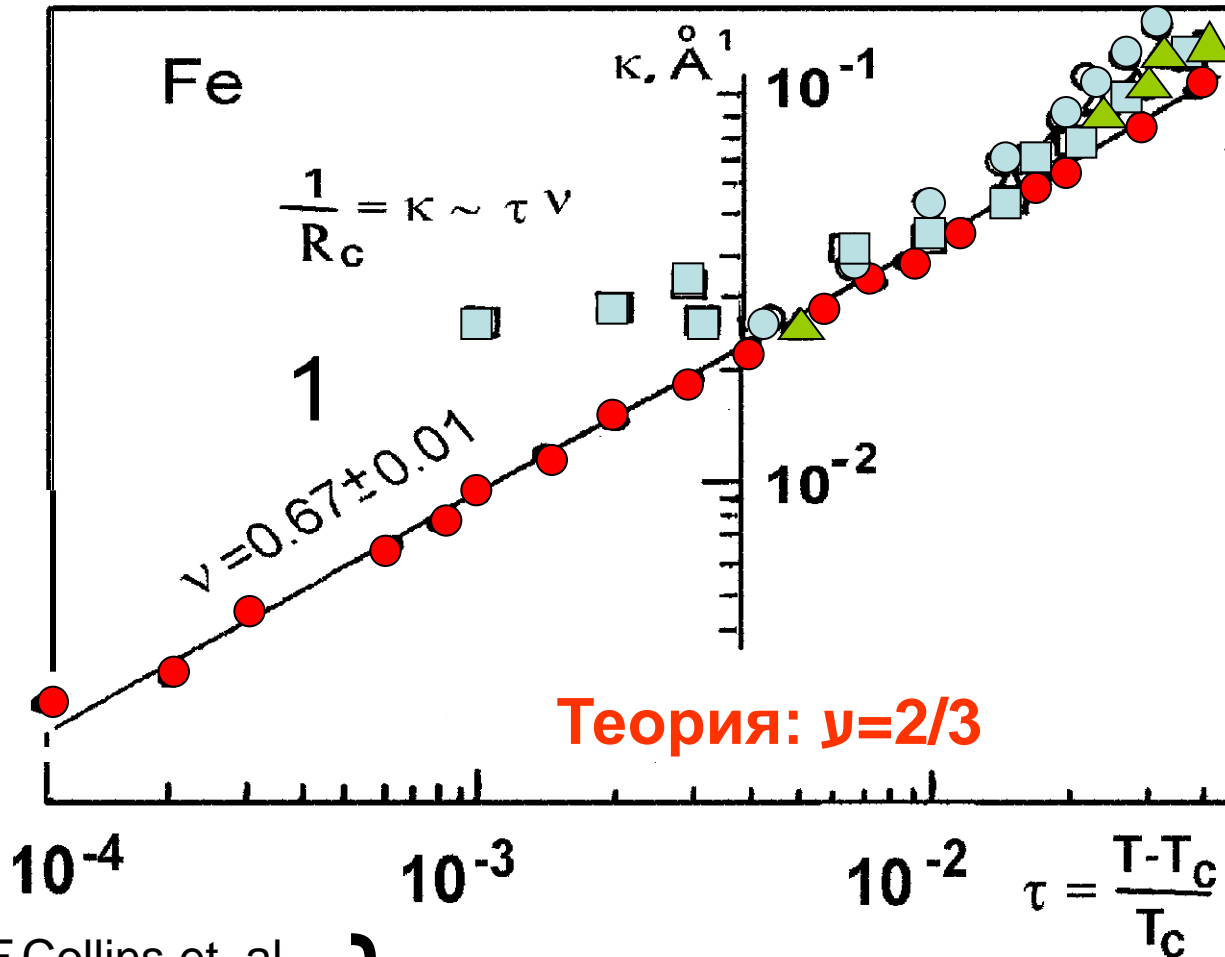


Nuclear and Multiscattering are separated due to sum-rule:

$$\sum P_i = -1$$

$$i = x, y, z$$

Проверка скейлинга - Корреляционный радиус по упругому рассеянию



Статистические ошибки в размере точек.
Систематические зависят от модели обработки данных для поправки на неупругое рассеяние

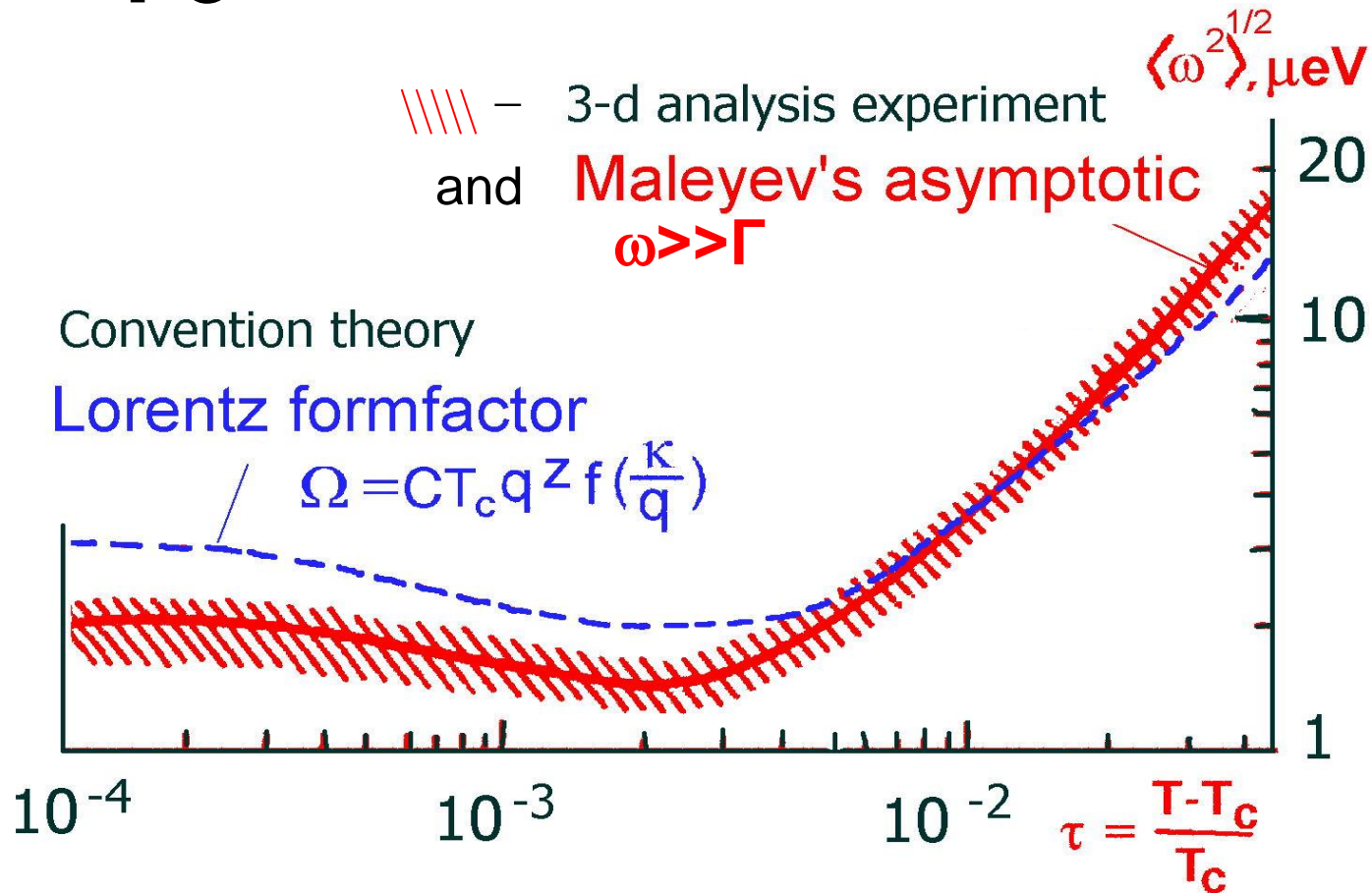
- - M.F.Collins et. al.
 - - D.Bally et al.
 - ▲ - P.Parette, R.Kahn
- } С различного типа поправок на неупругое рассеяние

● -3-D анализ
-без поправок на другие виды рассеяния

Неупругое рассеяние - динамика

Resibois - Piette dynamical scaling relation

Fe

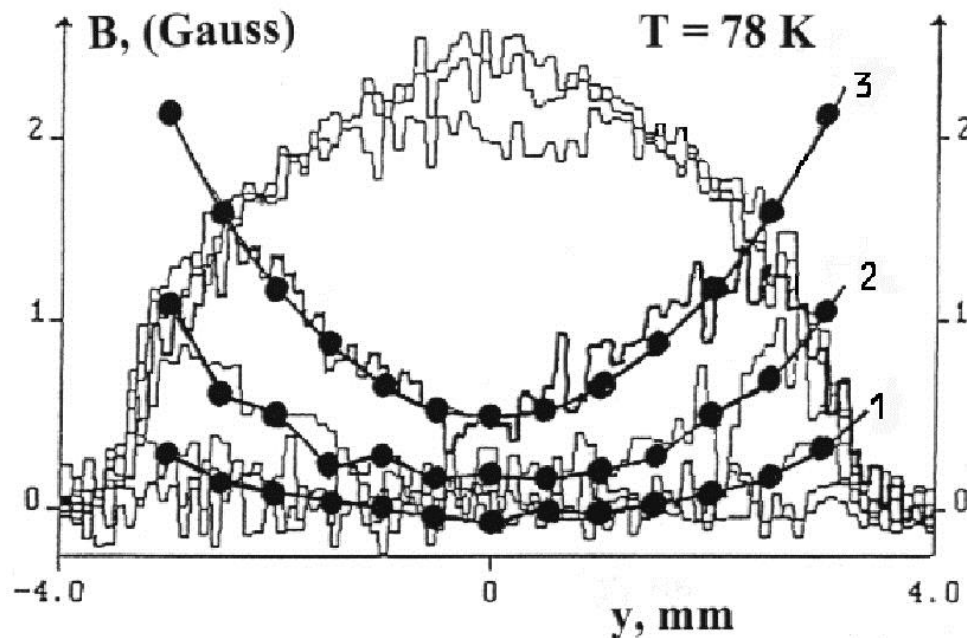


Прецессия поляризации в магнитном поле

$$d\mathbf{S}/dt = \gamma_n[\mathbf{S}\mathbf{H}]$$

(3-х мерный анализ поляризации в прямом пучке)

Визуализация закона Бина проникновения магнитного поля в сверхпроводник



Визуализация магнитного потока \mathbf{B} в Y-Ba-Cu-O керамике при включенном внешнем магнитном поле (кривые 1,2,3 для $H = 2.2, 3, 1$ и 6 Э, соответственно) и выключенном (захваченный поток) для ряда значений H от $0,45$ до 7.2 Э.

*Г.Гордеев, А.Аксельрод
В.Н.Забенкин и др.*

В 1977 г. мы впервые наблюдали **3-х спиновые** динамические корреляции при **$H=0$ в парамагнитной области железа.**

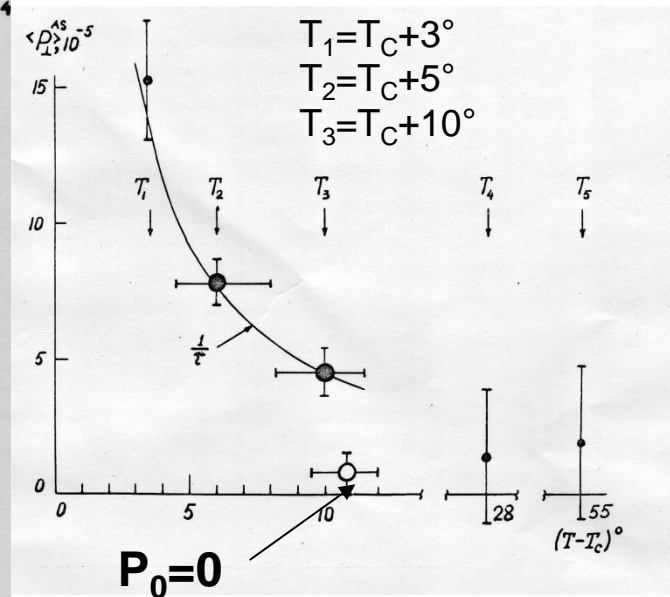
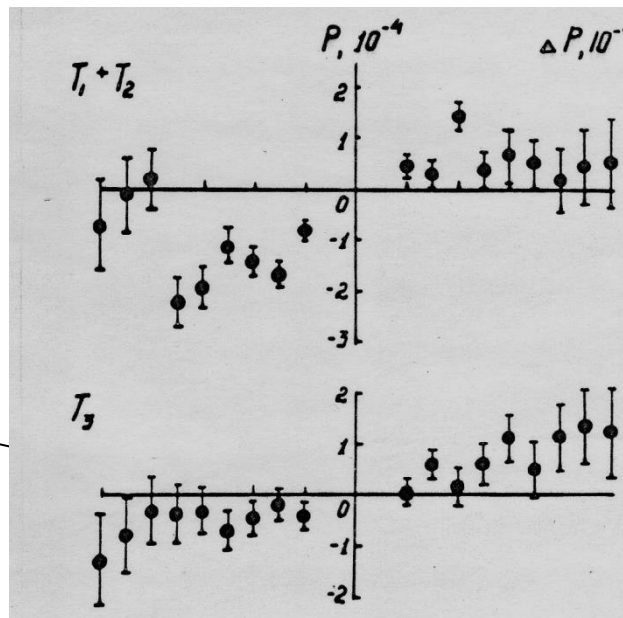
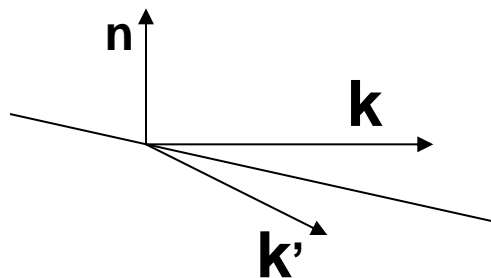
(А.В.Лазута, С.В.Малеев, Б.П.Топерверг, А.Гукасов, А.Окороков и др.)

В приближении выше борновского было найдено, что сечение магнитного рассеяния пропорционально интегралу от тройного динамического коррелятора

$$\langle S^\alpha(\mathbf{q}_1, \omega_1) S^\beta(\mathbf{q}_2, \omega_2) S^\gamma(\mathbf{q}_3, \omega_3) \rangle$$

и появляется псевдовектор - направление **поляризации**

$$\mathbf{n} = [\mathbf{k} \times \mathbf{k}'] / |[\mathbf{k} \times \mathbf{k}']|$$



МЕТОД НАКЛОННОЙ ГЕОМЕТРИИ

[Драбкин Г.М.](#), [Забидаров Е.И.](#), [Касман Я.А.](#), [Окороков А.И.](#), [Трунов В.А.](#)

«Рассеяние нейтронов на спиновых волнах в железе (ЖЭТФ 27(1964)2316)»

Это был первый наш эксперимент на ВВР-М. В нем просто наблюдалась зависимость интенсивности магнитного рассеяния на спиновых волнах от знака поляризации. Серьезный подход к проблеме спиновых волн был сделан в 1977 г. после наблюдения 3-спин корреляций

Сечение магнитное рассеяния нейтронов

$$I(\theta, H) = \int (d\omega/\omega)(k/k_0) \{ \text{Im} G_1(q, \omega) + g\mu H (\mathbf{e}P_0)(\mathbf{e}\mathbf{m}) \text{Im} G_3(q, \omega) \}$$

$\mathbf{e} = \mathbf{q}/q$, $\mathbf{m} = \mathbf{H}/H$, а P_0 – поляризация падающих нейтронов

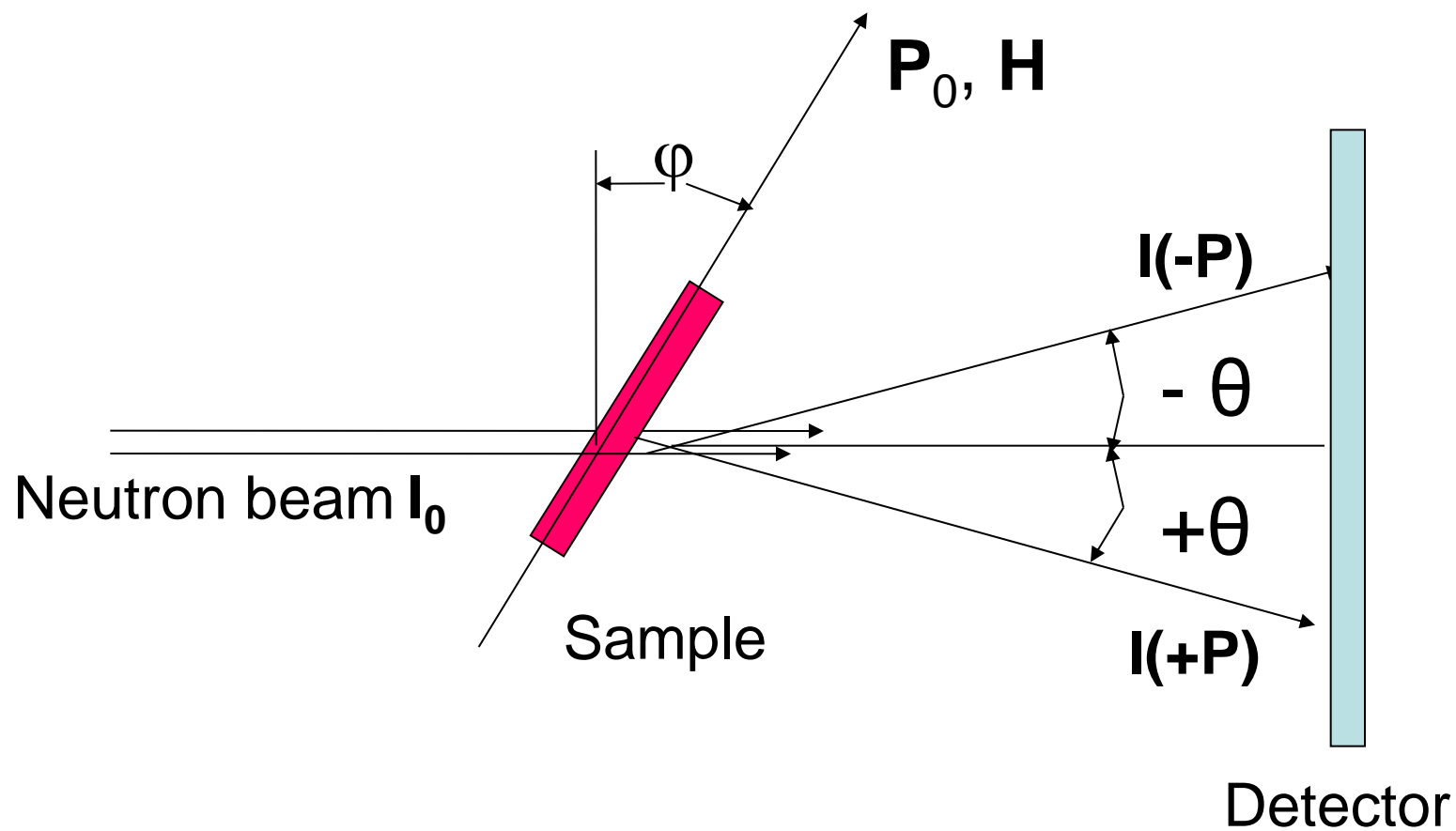
При обычной геометрии опыта это сечение принципиально **равно нулю**, т.к. подинтегральное выражение **нечетно по ω** . При разложении кинематического фактора $(\mathbf{e}P_0)(\mathbf{e}\mathbf{m})$ одна его компонента:

$$(2E\theta P_0 \sin 2\varphi) / [\omega^2 + (2E\theta)^2] \quad \text{меняет четность}$$

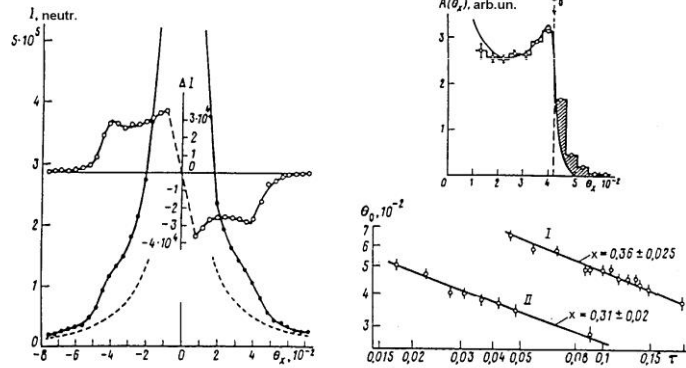
и при наклоне поля \mathbf{H} на угол $\varphi \neq 0, \pi/2$ относительно перпендикуляра к оси пучка сечение **отлично от нуля и асимметрично по θ, ω и P_0** .

Это дает возможность выделять и изучать динамическое рассеяние на спиновых волнах в чистом виде по асимметрии рассеяния.

Схема эксперимента

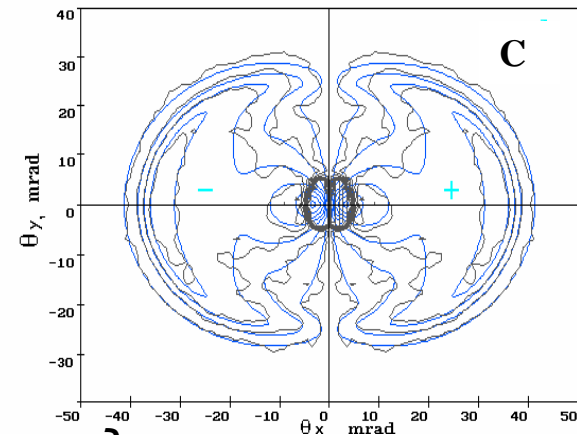
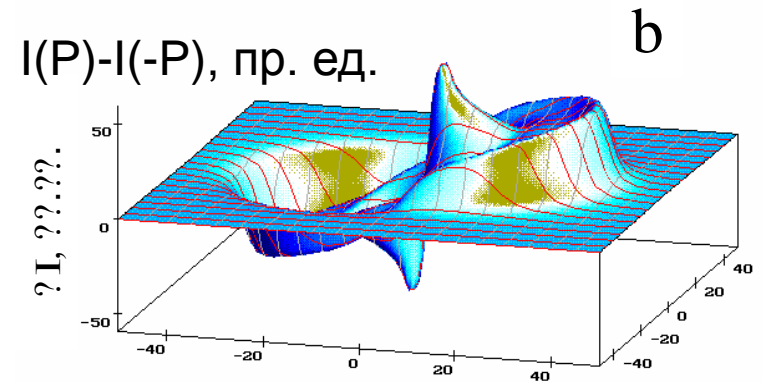
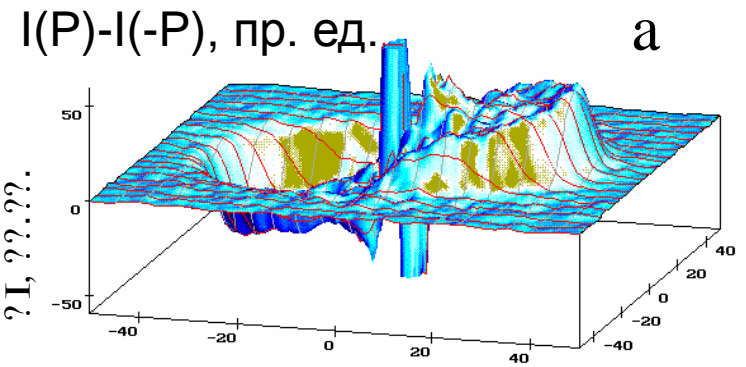


Антисимметричное рассеяние поляризованных нейтронов на спиновых волнах



Сложный рельеф большого массива данных рассеяния в координатах двумерного XY-детектора (128x128 ячеек) обеспечивает высокую точность извлеченных параметров, например, для аморфного сплава $\text{Fe}_{50}\text{Ni}_{22}\text{Cr}_{10}\text{P}_{18}$:

- жесткость $D=52.74 \pm 0.05 \text{ мЭВ} \cdot \text{Å}^2$
- дип. константа $\omega_0 \langle S_z \rangle = (50 \pm 3) 10^{-6} \text{ эВ}$,
- Затухание $\Gamma_0(\kappa R c) = 25.2 \pm 0.5$.

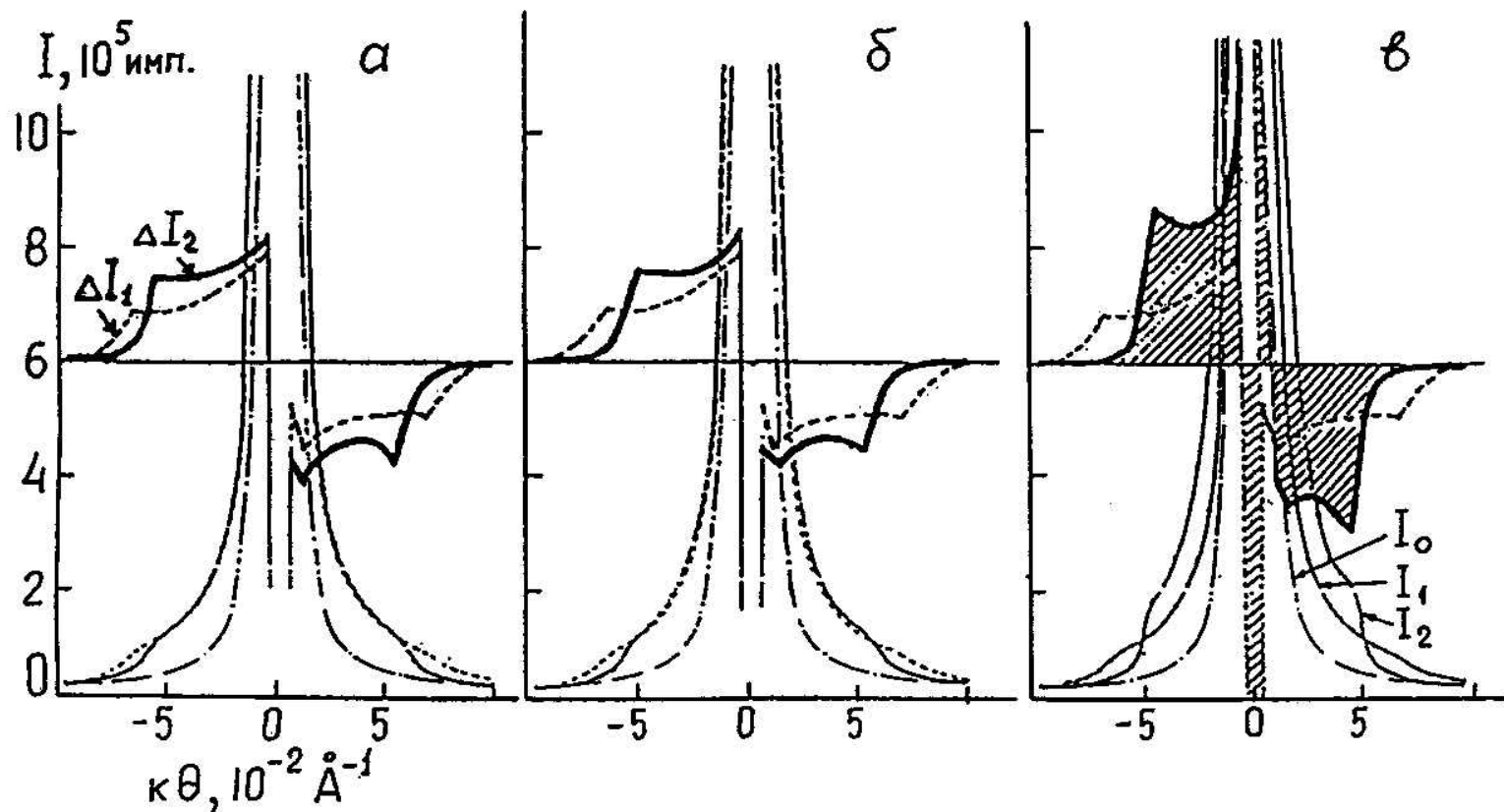


А.Окороков, А.Гукасов, Б.Топерверг, В.Дериглазов и др.

Этим методом проведены тщательные исследования фазового перехода и критических явлений в ферромагнетиках, где обнаружен целый ряд явлений фундаментального характера.

Например – критическая динамика в парамагнитной области железа в магнитном поле, где:

- получены нечетные по энергии спектры тройных спиновых корреляций;
- установлено, что критическая дипольная динамика в Fe является «жесткой»;
- - подтверждена гипотеза факторизации импульсной зависимости тройных динамических вершин при больших переданных импульсах
- и т.д.



Пример практического приложения для НИИ ЧЕРМЕТ
 Зависимость СВ (намагниченности) аморфных пленок от
 температуры отжига (а,б) и времен озлаждения (в)

ПРОБЛЕМА ИНВАРА

Намагниченность насыщения ферромагнетика по Блоху

$$M_s(T) = M_s(0)(1 - BT^{3/2}),$$

где $B = [2.612 g \mu_B M_s(0)] [k_B / 4\pi D(T)]^{3/2}$,

а $D(T)$ – спин-волновая жесткость. ($\varepsilon = Dq^2$)

Для гейзенберговского ферромагнетика теоретическая зависимость от температуры

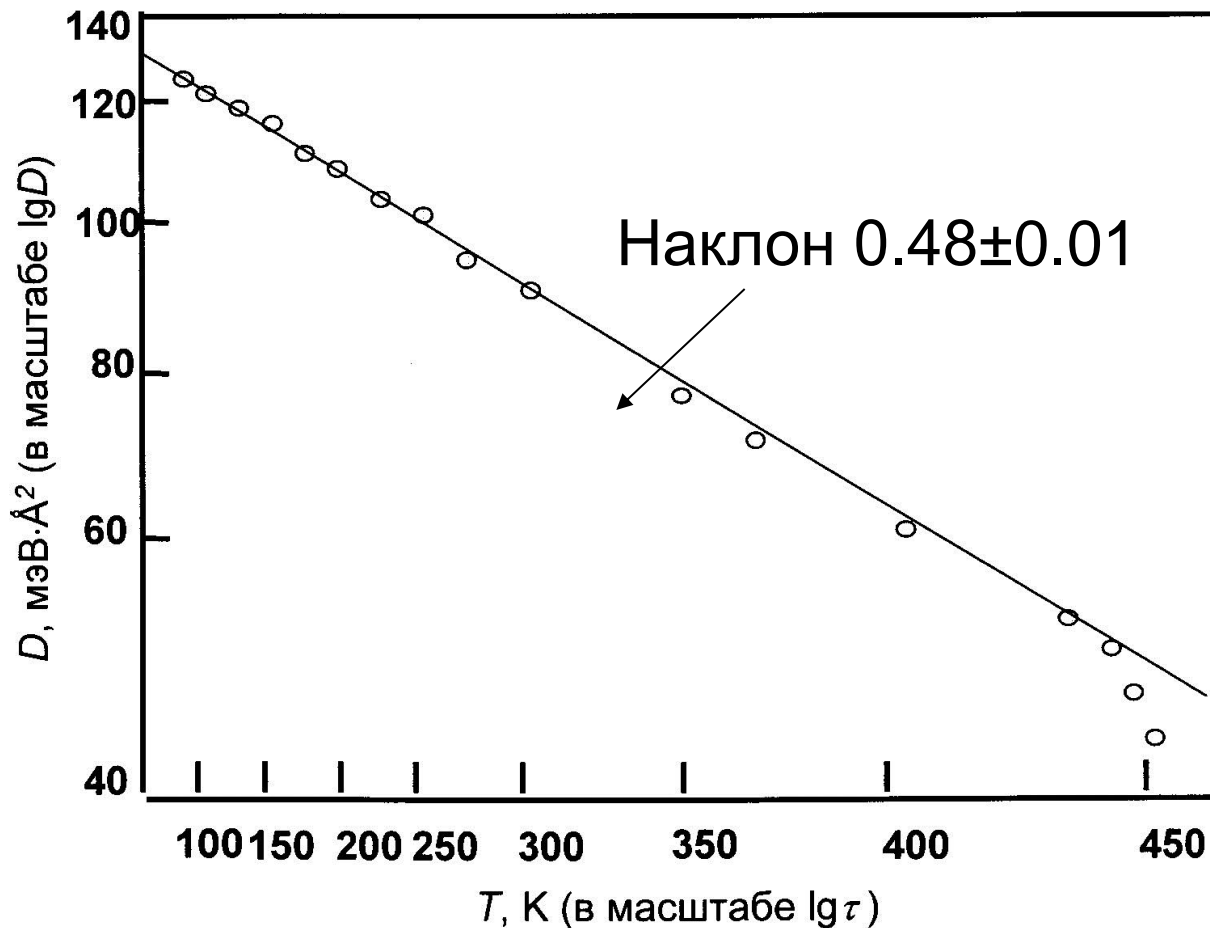
$$D(T) = D_0(1 - AT^{5/2})$$
 подтверждена, **кроме инвара**.

В обычных экспериментах на спектрометрах D определяется по зависимости переданной энергии ω от импульса q по соотношению $\omega = Dq^2$.

В наклонной геометрии мы получили

$$D(\tau) = D_0 \tau^x \text{ с } x=0.48 \pm 0.01, D_0=137 \pm 3 \text{ мэВ} \cdot \text{Å}^2$$

А это скейлинг для критической области



С.Григорьев, А.Окороков и др.

Выводы

- 1) Закон $T^{5/2}$, следующий из уравнения Блоха, для инваров вообще не выполняется.
- 2) Вся ферромагнитная область критическая.

Возможная причина этого явления в упругих напряжениях внутри решетки, эквивалентных приложению внешнего давления, которое

уменьшает T_c .

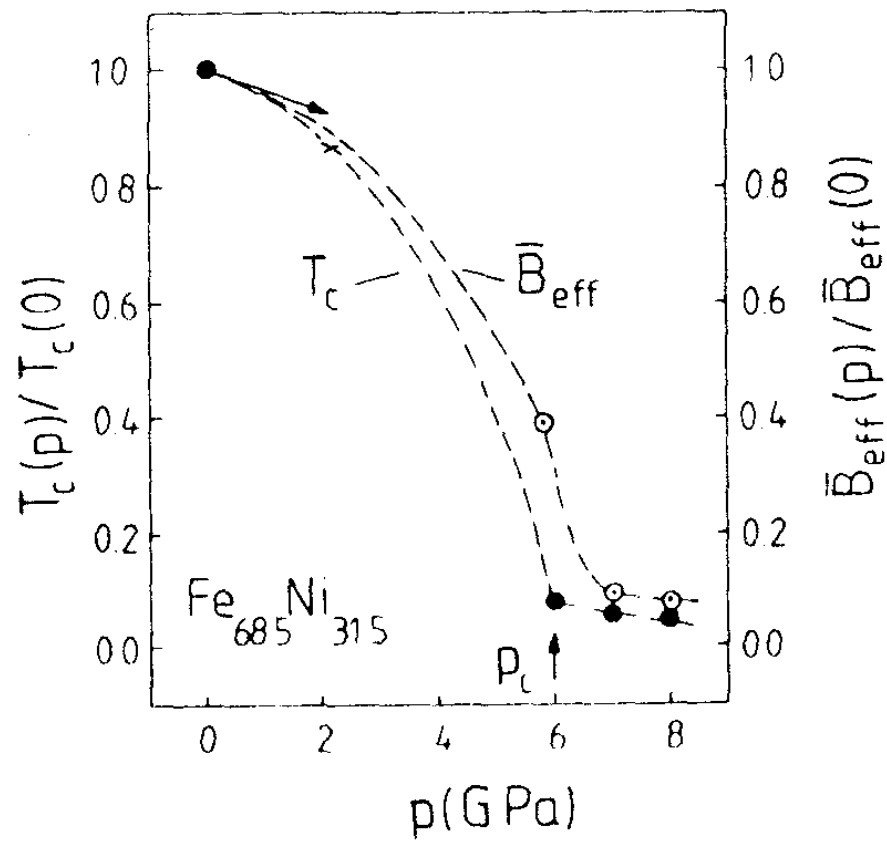
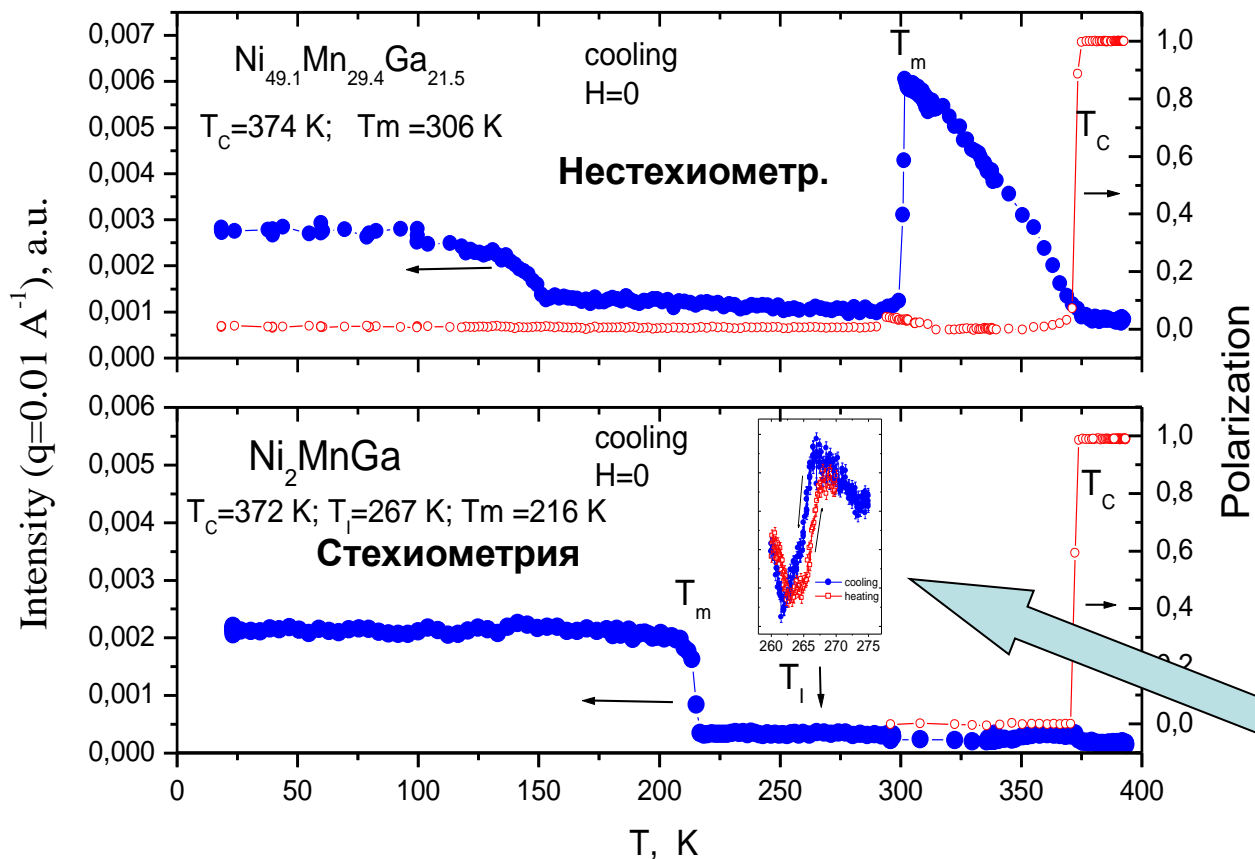


Рисунок из *Matsushita M. et al. //JMMM. 2003. V. 265. P. 352.*

Мезоструктура материала с магнитноконтролируемым эффектом памяти формы (МПФ)

В.В.Рунов и др.



T_C - переход парамагнетик-ферромагнетик;

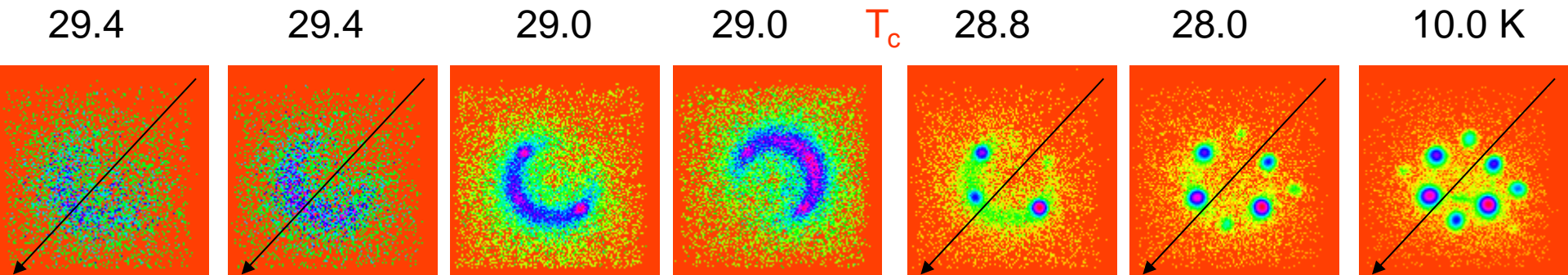
T_m - мартенситный переход;

T_I - предмартенситный переход

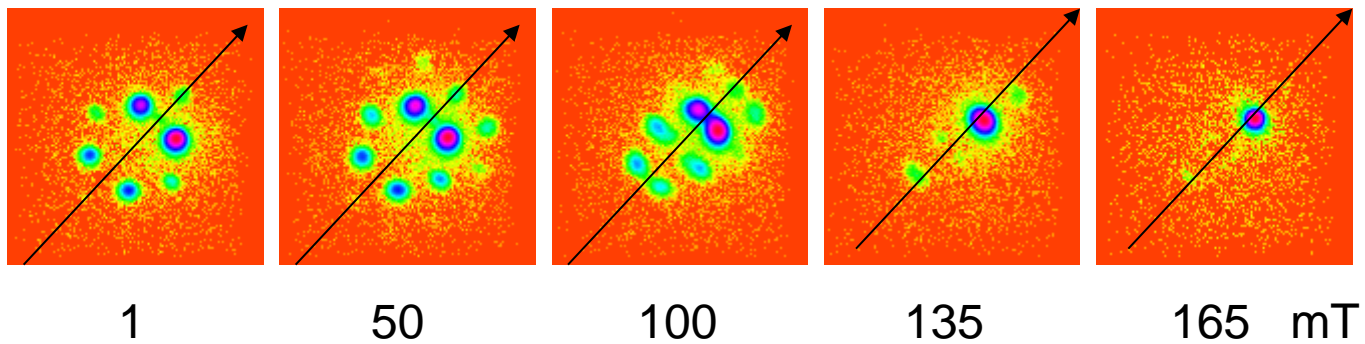
Спиновая киральность

С. Григорьев, А. Окорочков, С. Малеев и др.,

Температурное поведение спиралей **MnSi**, градусы К



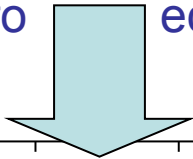
Движение вектора спиралей к направлению магнитного поля H , мТ

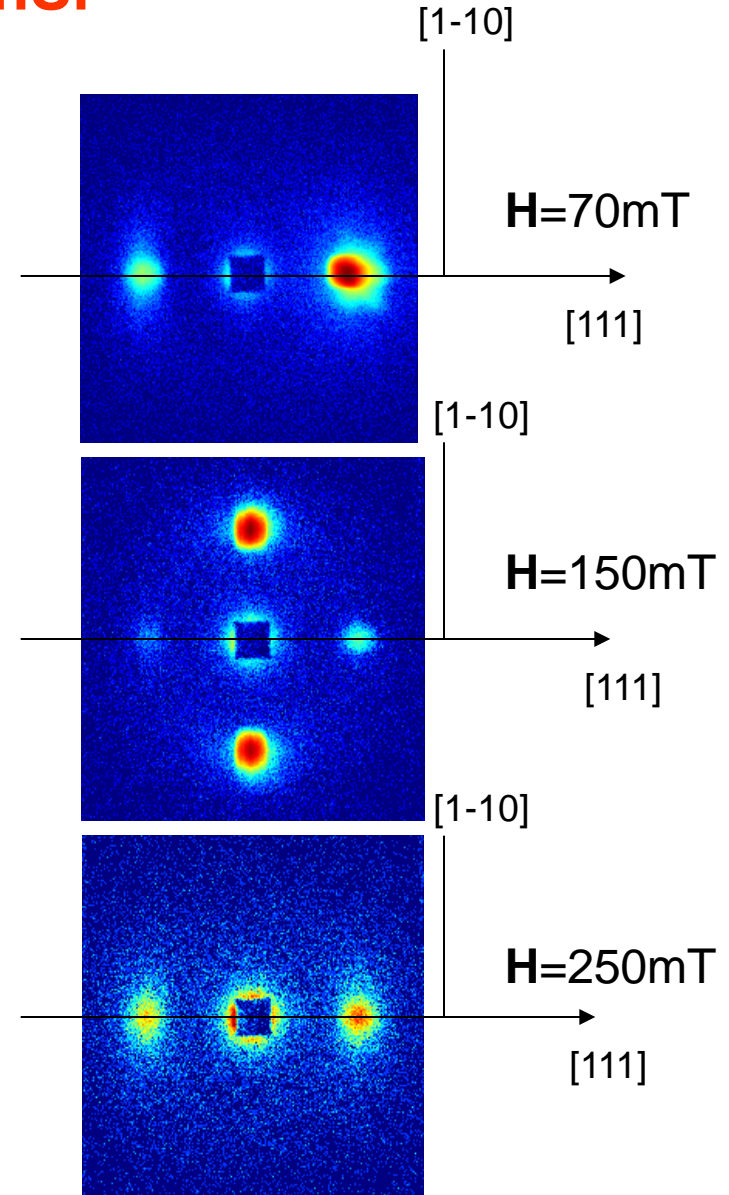
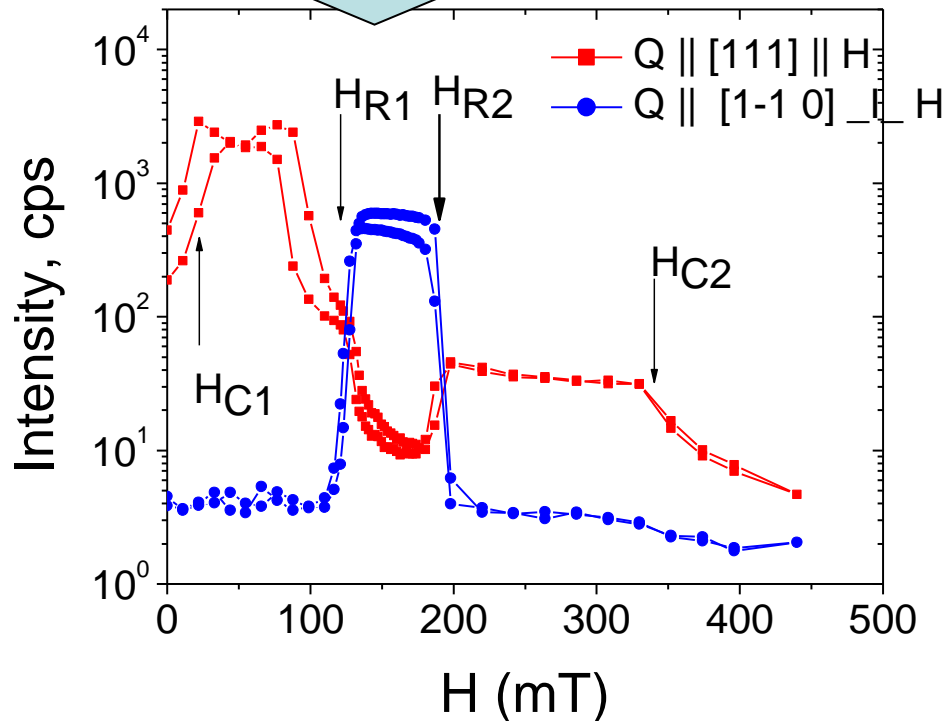


90° поворот спиновой спирали и щель в спектре спиновых волн в MnSi

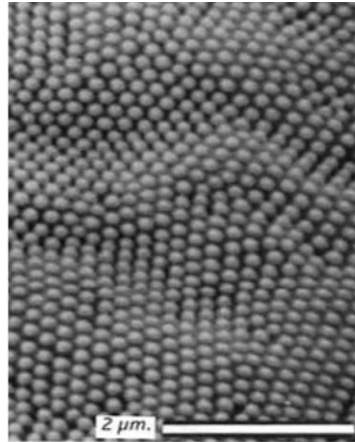
Наблюдаемый эффект связан с наличием **щели** в спектре спиновых волн

$$\Delta^2 \sim H_R^2/2 \cong (0.01)^2 \text{ meV}^2$$

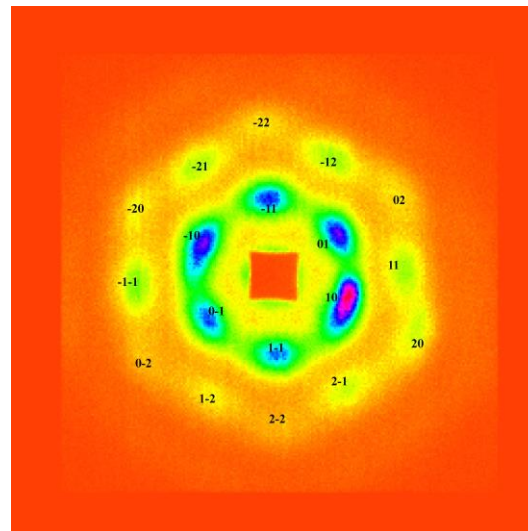
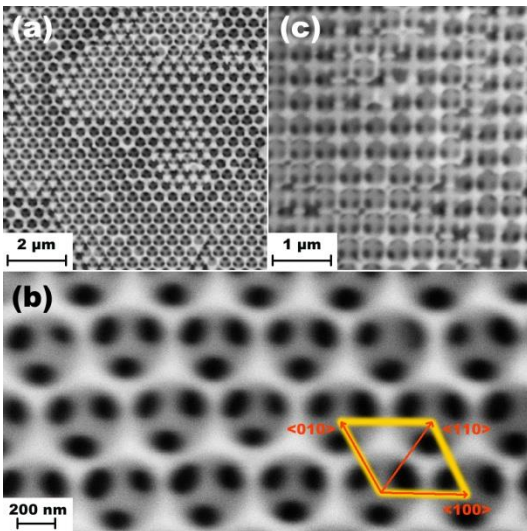
и это  есть доказательство её существования.



Фотонные кристаллы и их аналоги для нано-электроники

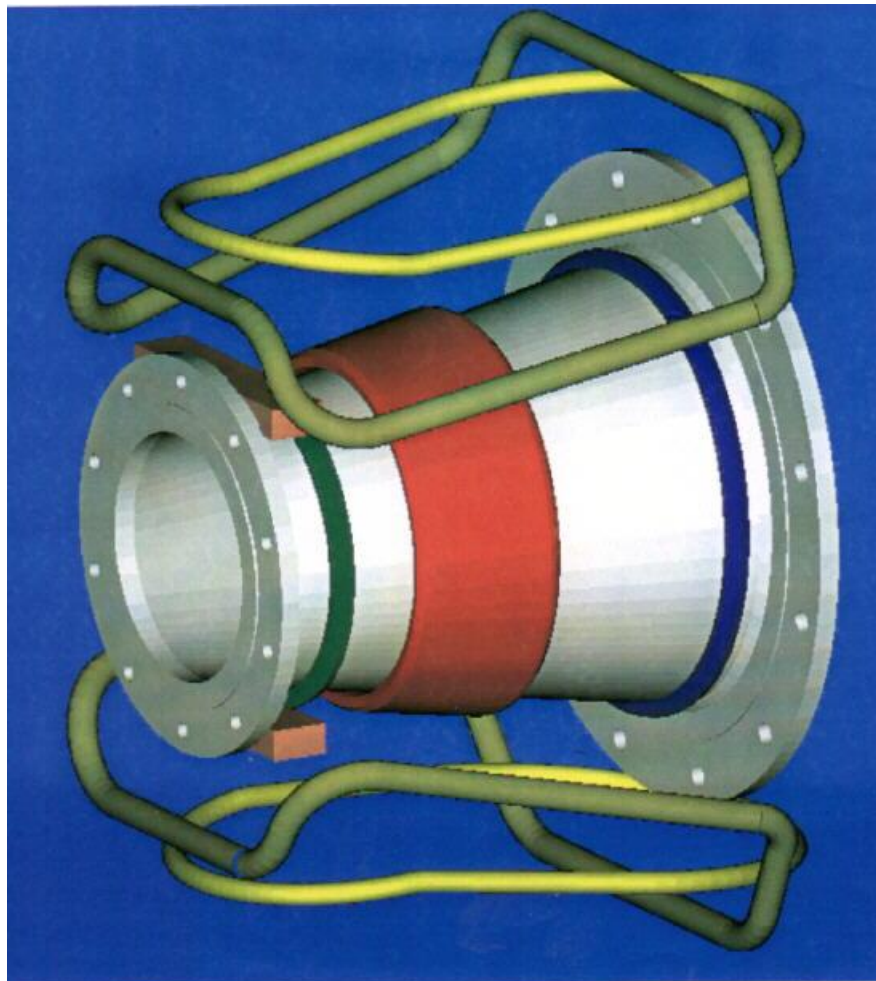


Иризация крыльев бабочки *Vanessa kershawi* и микрофотография поверхности крыла. (дифракция света)



Брегговская **нейтронная дифракция.**

Малоугловое рассеяние поляризованных нейтронов на мембране оксида алюминия со строго упорядоченной структурой пор (каналов) – **инвертированного 2-мерного фотонного кристалла**



Adiabatic r/f flipper

Efficiency 99.99%

Permanent magnetic field $H=20-30$ Oe

Frequency of r/f field $f=70-80$ kHz

Amplitude of r/f field $h=10-15$ Oe

No any matter on the beam way

Молодые - новые (и кто-то из них выполнит первый эксперимент на ПИКе)



**Спасибо
за внимание**