

Лаборатория мезоатомов в 2005

Ю.М.Иванов

Сотрудники лаборатории мезоатомов

С.А.Вавилов
Л.А.Вайшнене
Н.П.Волков
Ю.А.Гавриков
А.С.Денисов
В.В.Иванов
Ю.М.Иванов
А.А.Котов
А.В.Кравцов
Л.П.Лапина
П.М.Левченко

Д.Л.Николаев
Л.Ф.Павлова
А.А.Петрунин
Т.Н.Савченкова
В.В.Скоробогатов
В.М.Суворов
В.В.Сулимов
С.И.Труш
А.И.Щетковский
Л.А.Щипунов

Направления работы

- **CMS**
 - Тестирование мюонных камер и сборка мюонной системы CMS в CERN
- **Каналирование**
 - Наблюдение отражения 70 ГэВ протонов от изогнутых атомных плоскостей
- **Мезоатомы**
 - Проект изучения экзотических атомов в Фермилабе
- **Ядерные реакции**
 - Исследование деления тяжелых ядер протонами и нейтронами

Наблюдение отражения протонного пучка от изогнутых атомных плоскостей

**Ю.М.Иванов, А.А.Петрунин, В.В.Скоробогатов, С.А.Вавилов, Ю.А.Гавриков,
А.В.Желамков, Л.П.Лапина, А.И.Щетковский (ПИЯФ)**

А.Г.Афонин, В.И.Баранов, В.Т.Баранов, В.Н.Чепегин, Ю.А.Чесноков (ИФВЭ)

В.Гвиди (Университет Феррары, ИНФН)

А.Вомиеро (ЛНЛ, ИНФН)

В.Скандале (ЦЕРН)

Elastic quasimosaicity (Sumbaev) effect

- Studied by Sumbaev in 1957
- Resulted in broadening of gamma-ray diffraction peaks from bent quartz plates
- Caused by bending of the reflecting atomic planes (initially flat and normal to large faces of plate) due to crystal anisotropy
- Depends on choice of crystallographic plane and orientation angle of plate cutting relative to a normal to the chosen crystallographic plane

ЖЭТФ, 1957, 32, № 6, 1276-1279.

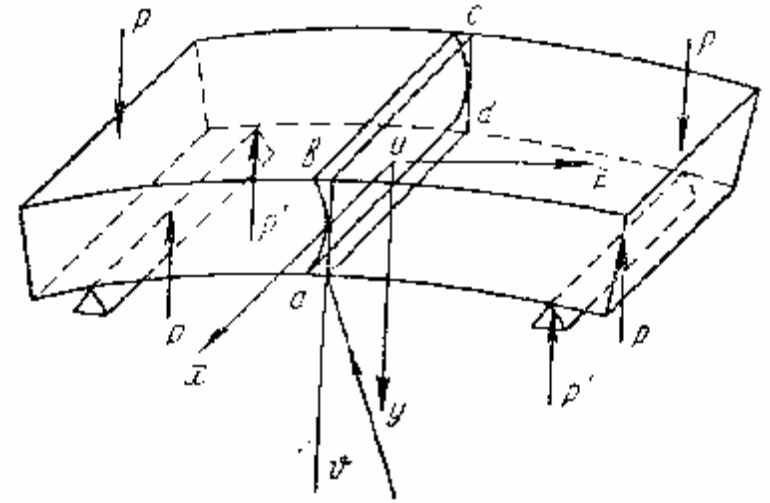


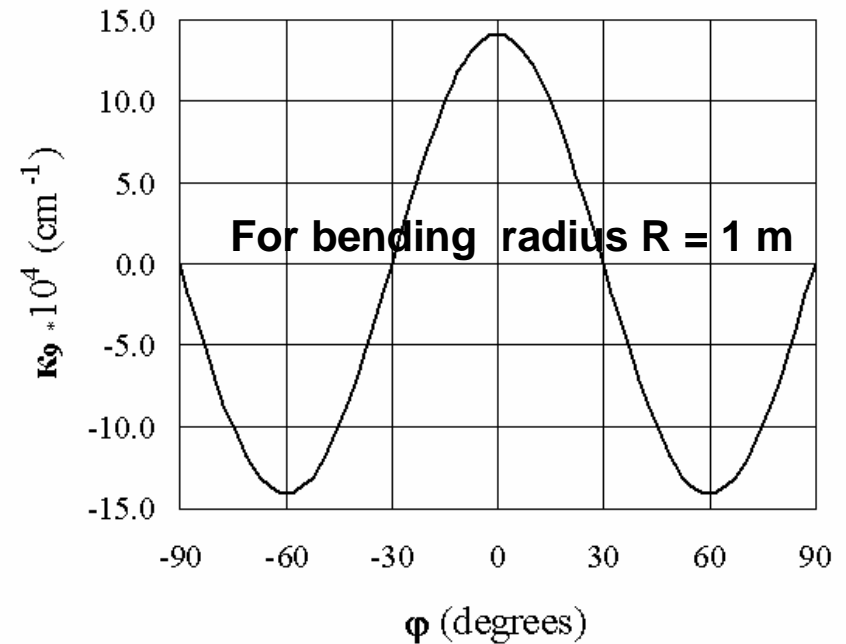
Figure from article: O.I.Sumbaev, Reflection of gamma-rays from bent quartz plates, Sov. JETP 32(1957)1276

Bending in dependence on cut angle φ for Si (111) plane

$$Dq = 2k_9 T, \text{ where}$$

T – thickness of plate

k_9 – deformation coefficient

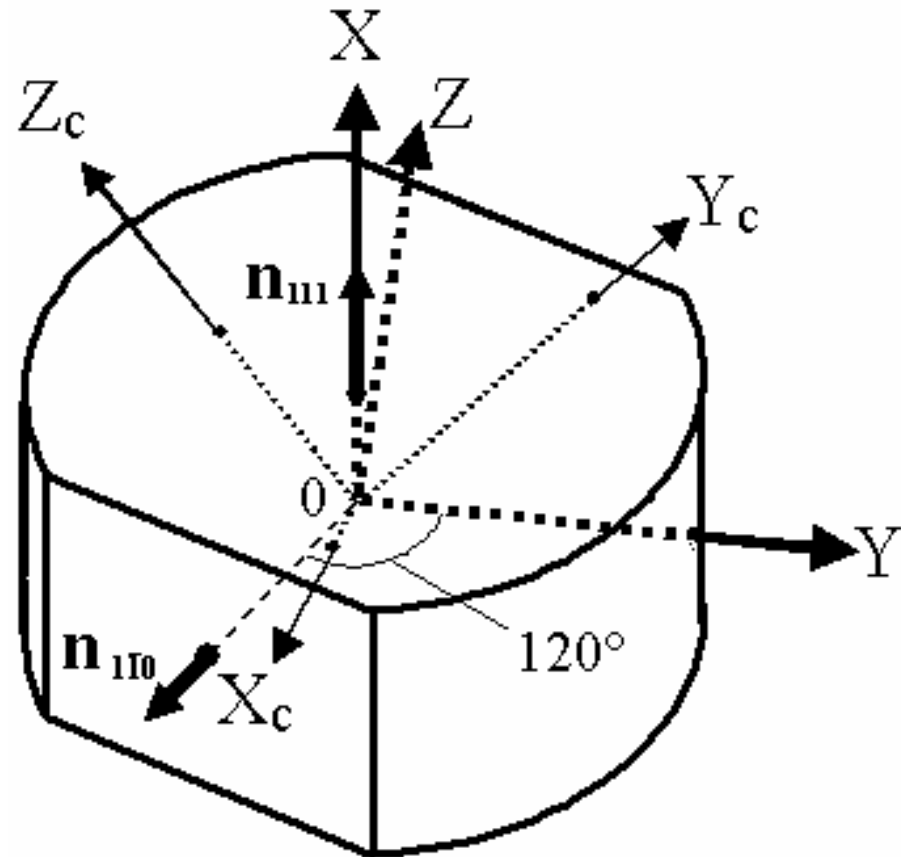


(relationship from:

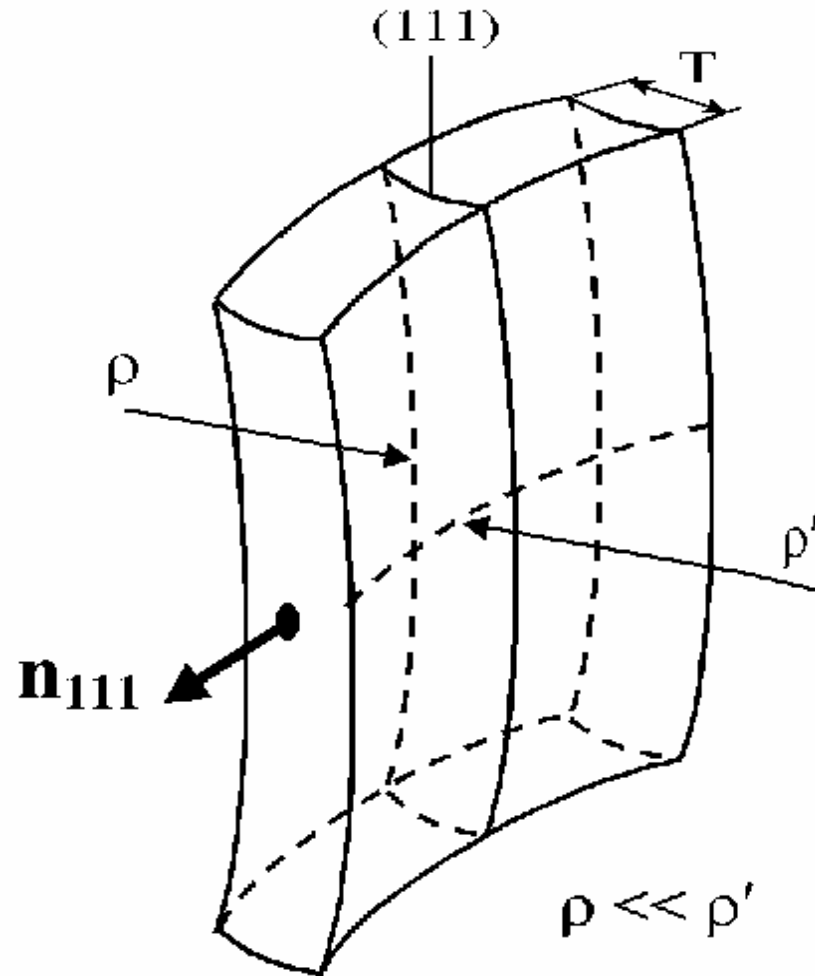
V.M.Samsonov and E.G.Lapin, Preprint LIYaF-578, 1980)

Cut $j = 0^\circ$ for Si(111) planes

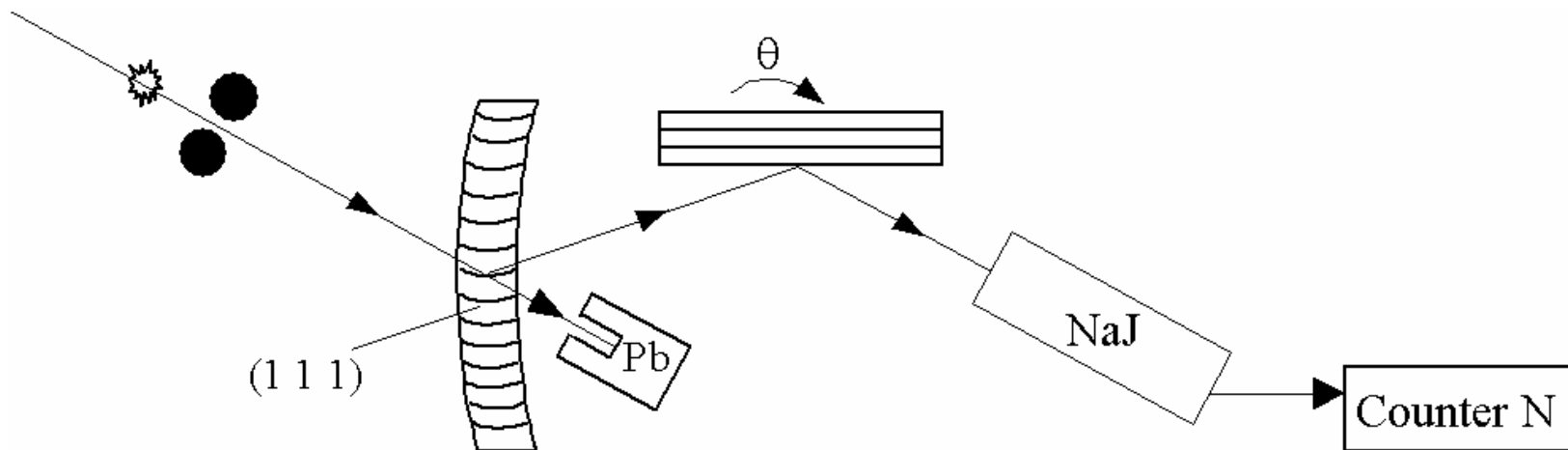
Yu.M.Ivanov, A.A.Petrinin, and
V.V.Skorobogatov, JETP Lett.
81(2005)99



Crystal design

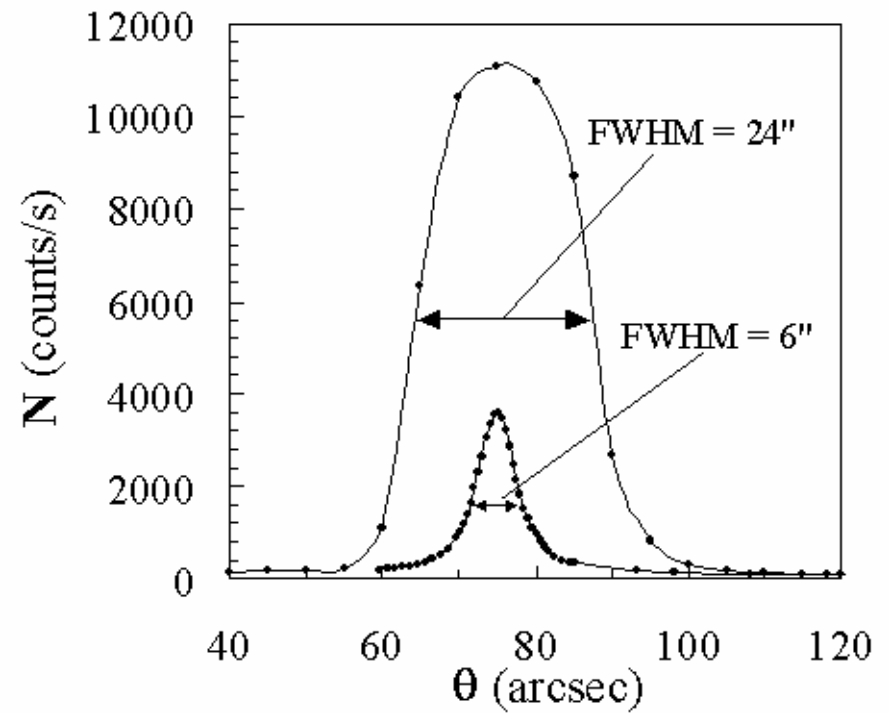


Crystal rocking curve measurement with X-rays

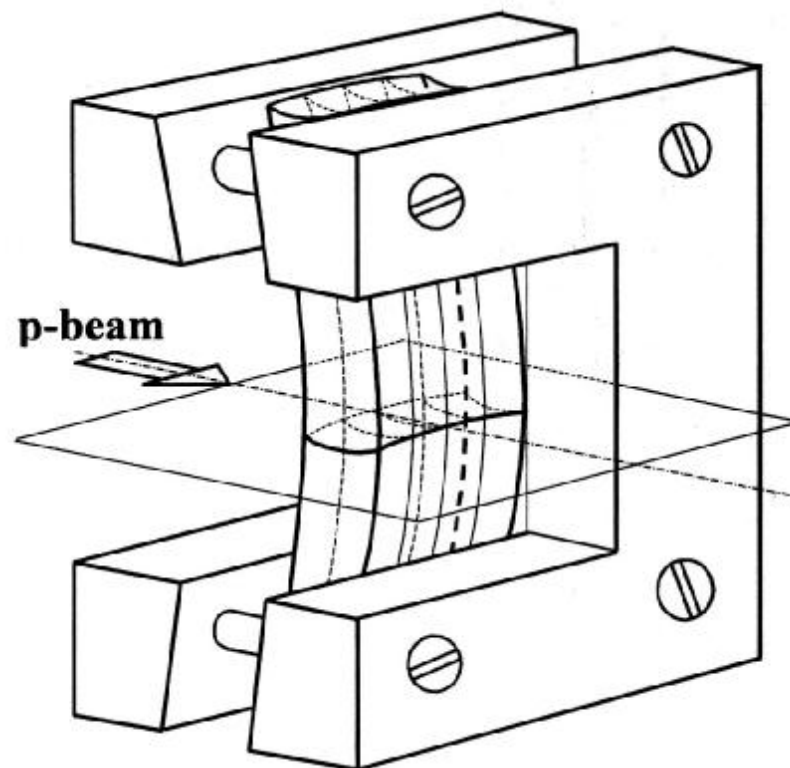


Experimental result with X-rays

Rocking curves for plate with cut angle $j = 0^\circ$ before and after bending.



Bending device



Samples 0.3 mm and 2.7 mm with ~0.4 mrad bending angle



Sample 10 mm with $\sim 100 \mu\text{rad}$ bending angle

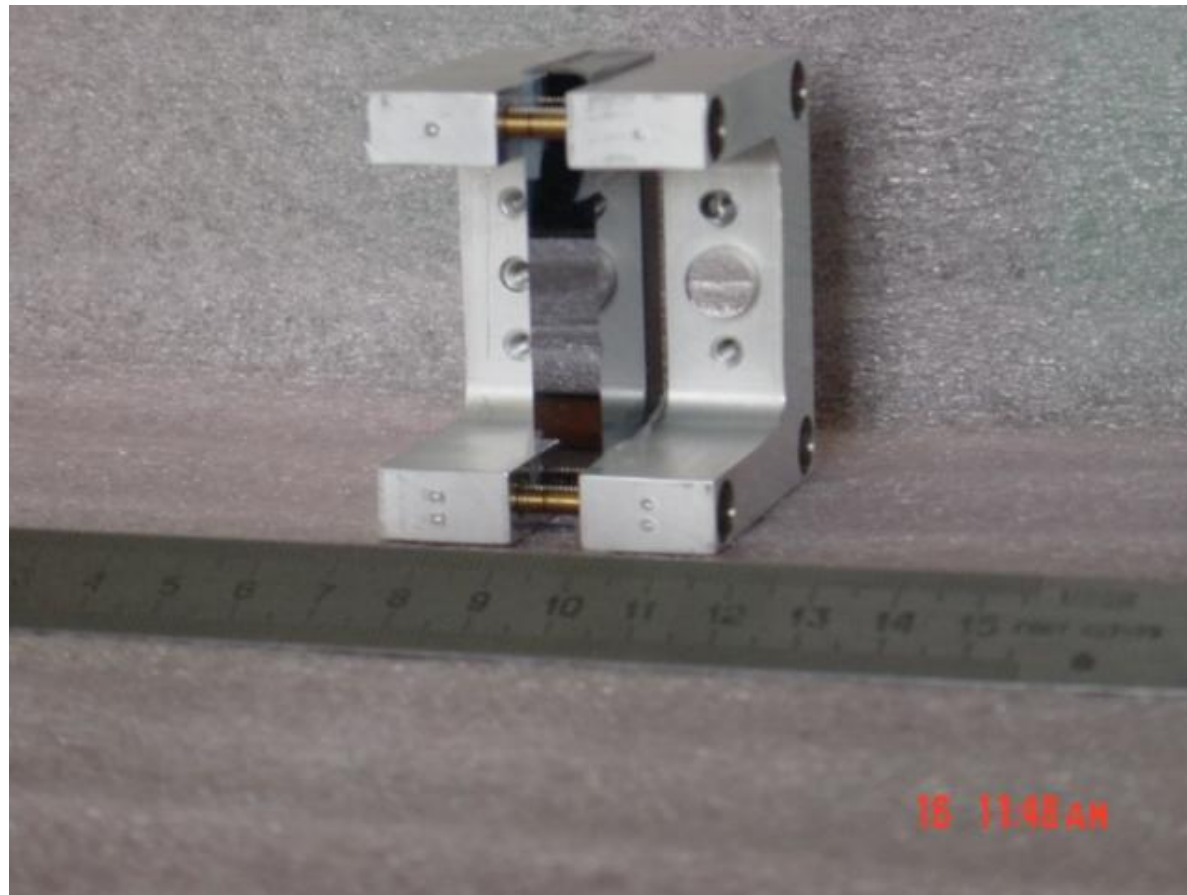
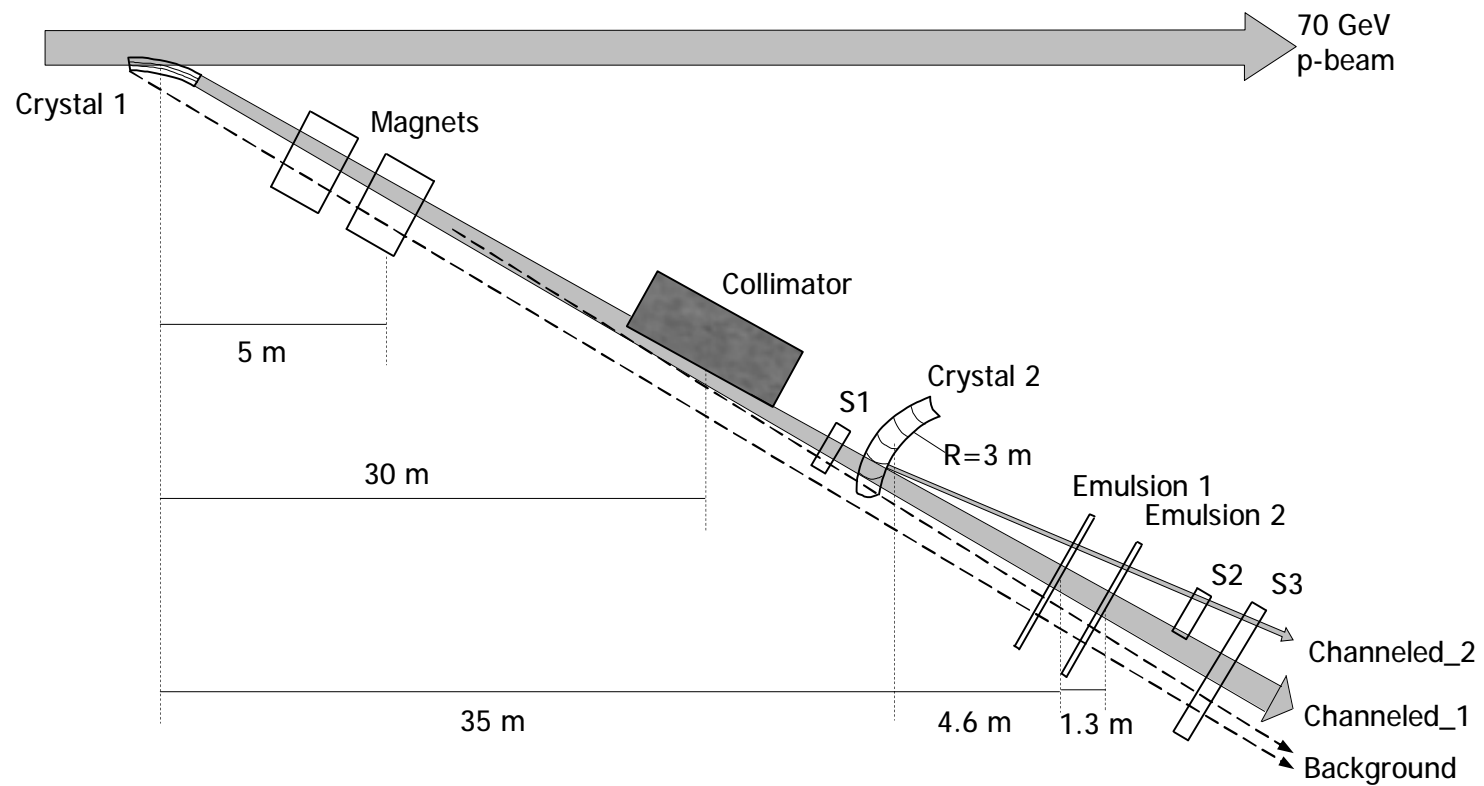
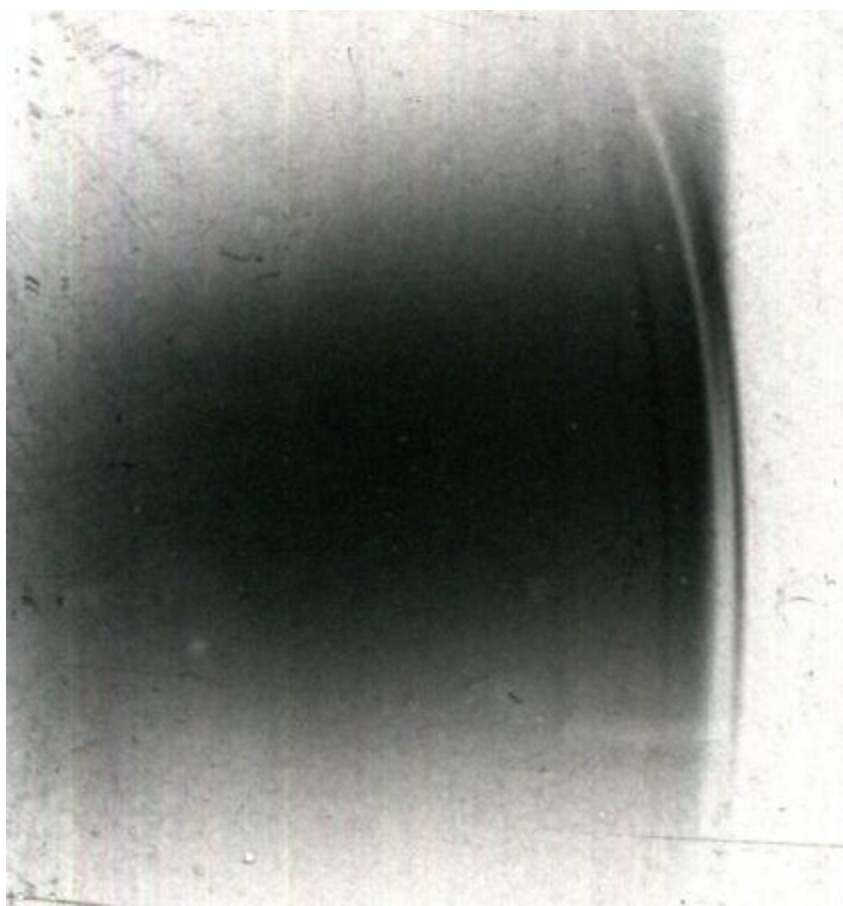


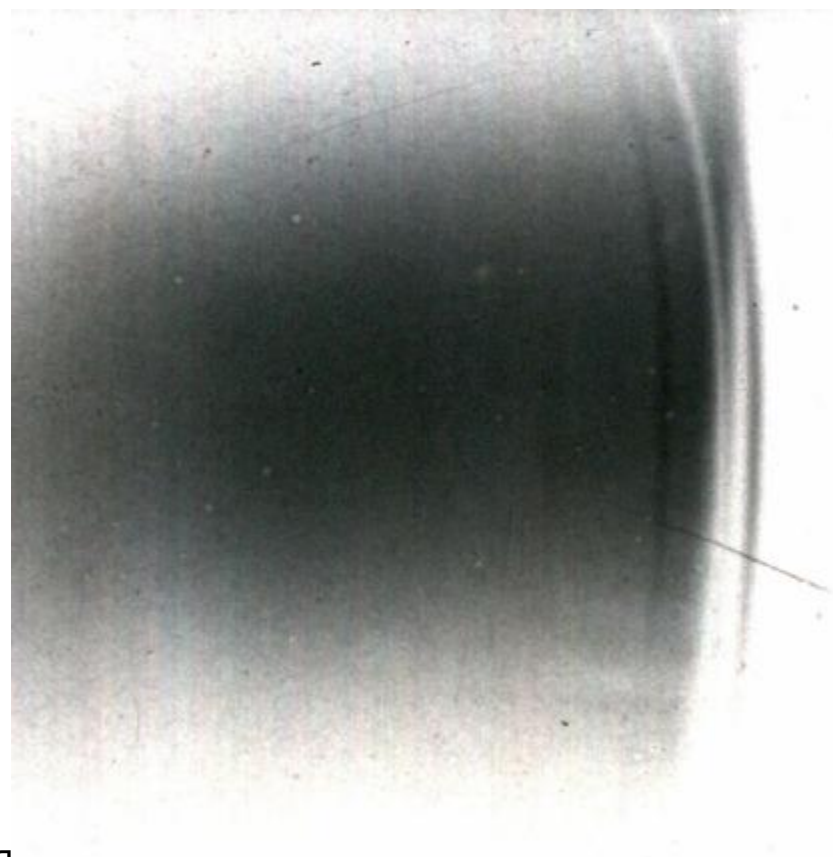
Схема опыта



Фотоэмульсии 1 and 2

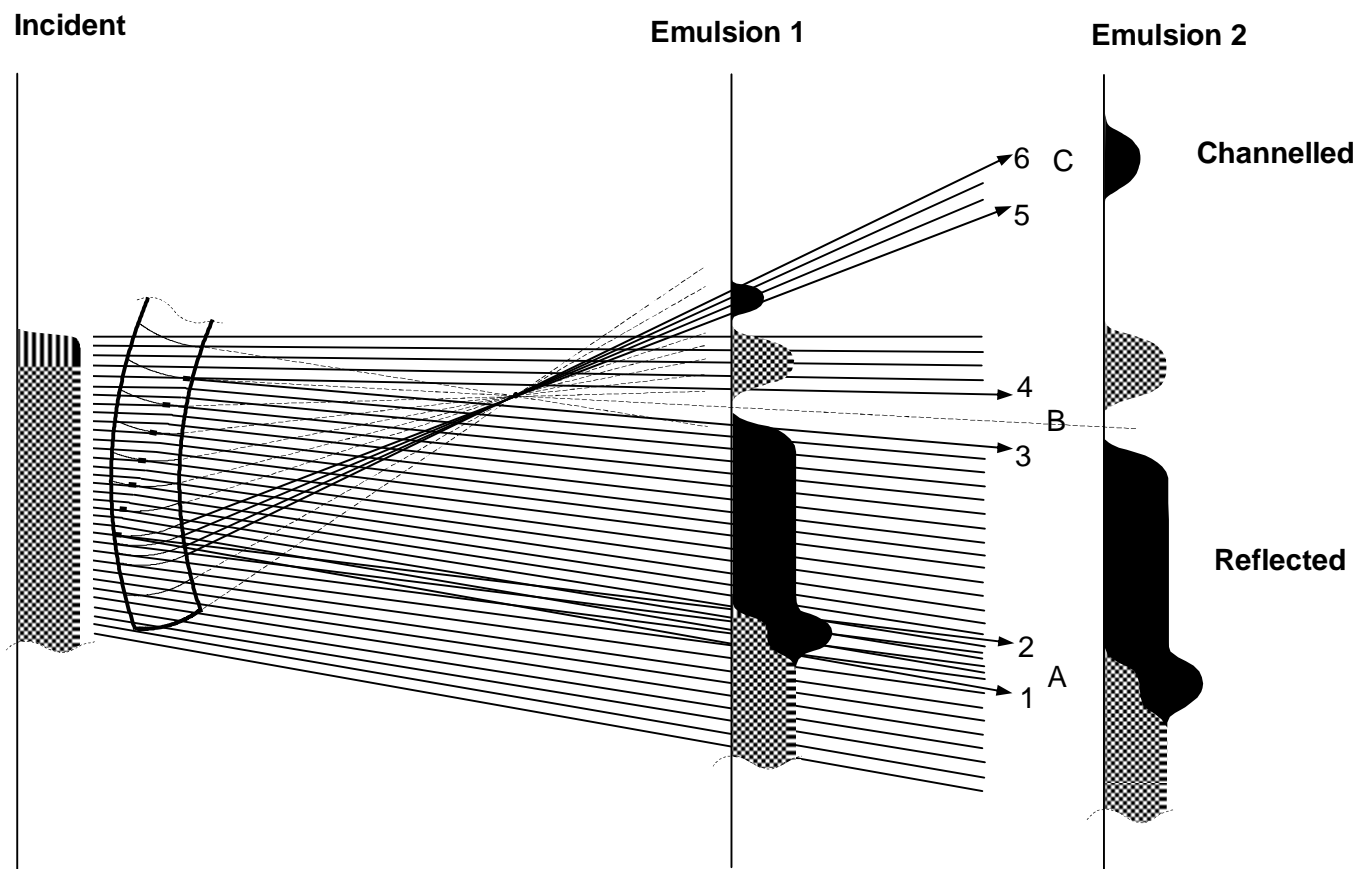


Ю.М.Иванов



21 декабря 1988

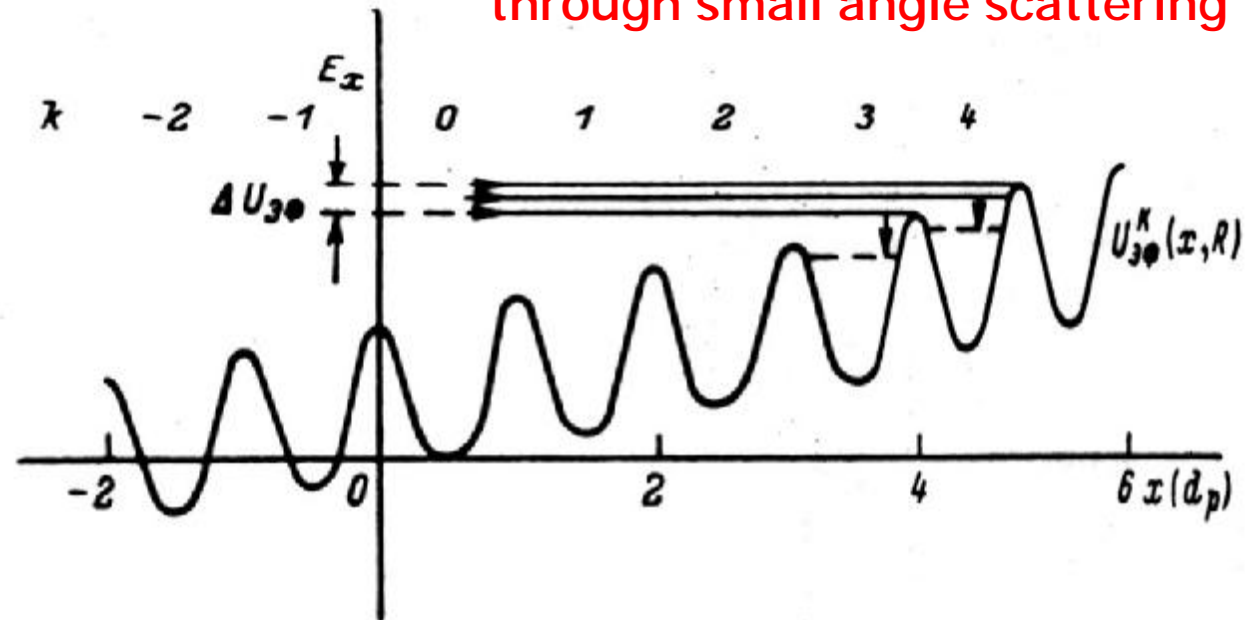
Объяснение результатов опыта: траектории частиц в горизонтальной плоскости, проходящей через центр кристалла.



A.Taratin and S.Vorobiev, 1985

A.M.Taratin and
S.A.Vorobiev, Sov.
Journal of Technical
Physics, v.55, p.1598,
1985 (in Russian)

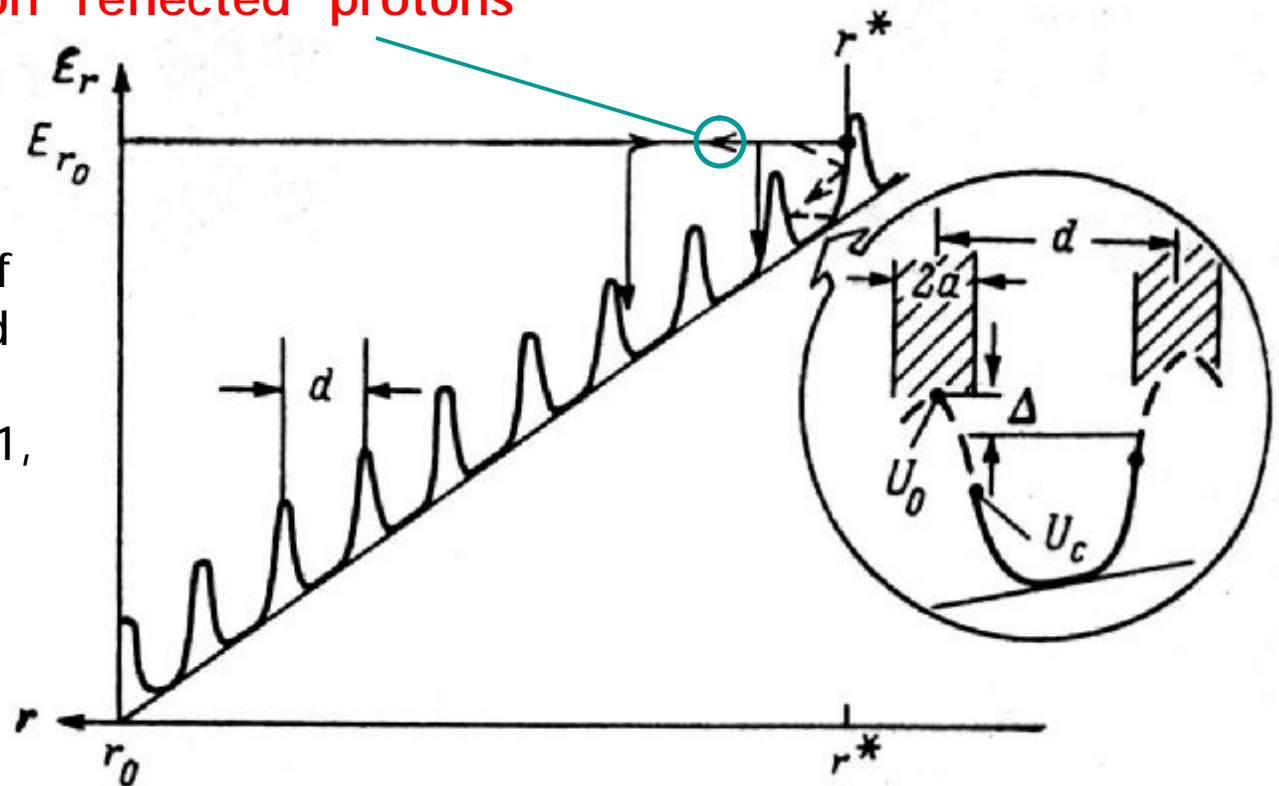
Explanation of volume capture
through small angle scattering



O.Sumbaev, 1986

First mention on "reflected" protons

O.I.Sumbaev, The theory of volume capture by a curved crystal in the channeling regime, Preprint LIYaF-1201, 1986 (in Russian)



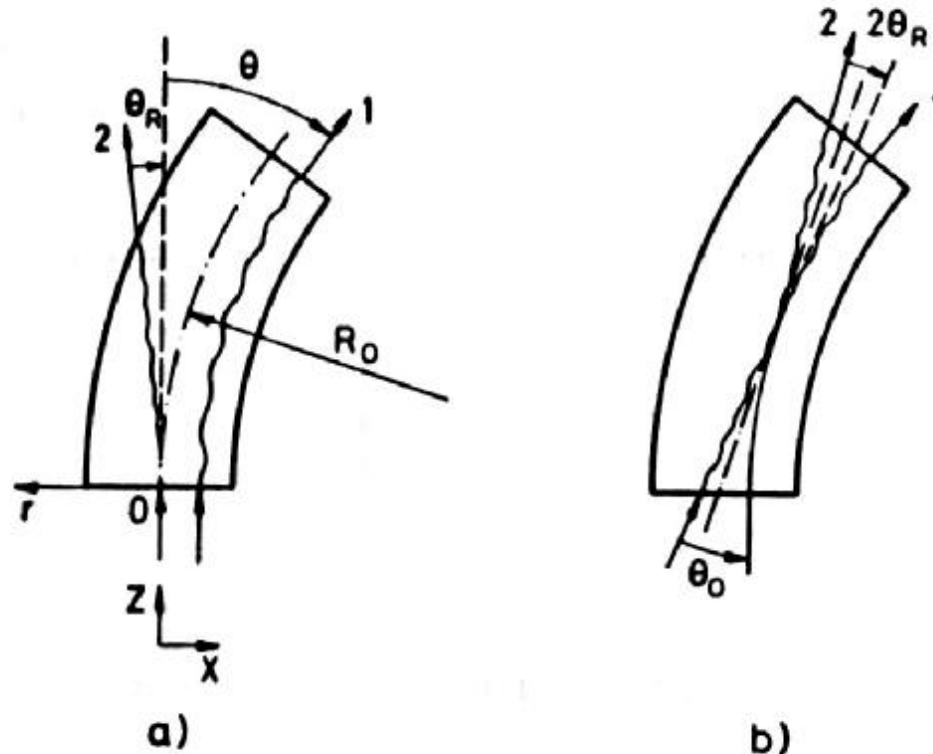
A.Taratin and S.Vorobiev, 1987

Prediction of deflection for reflected particles

A.M.Taratin and
S.A.Vorobiev, Phys.Lett.
A119 (1987) 425

and

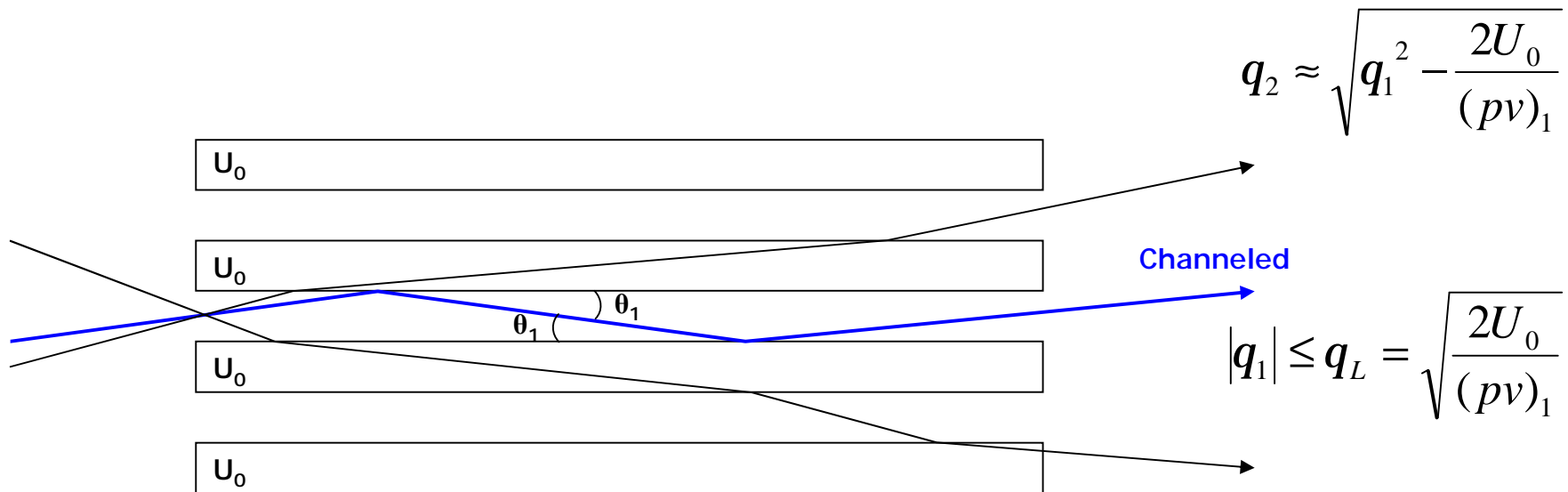
A.M.Taratin and
S.A.Vorobiev, NIM in PR
B26 (1987) 512



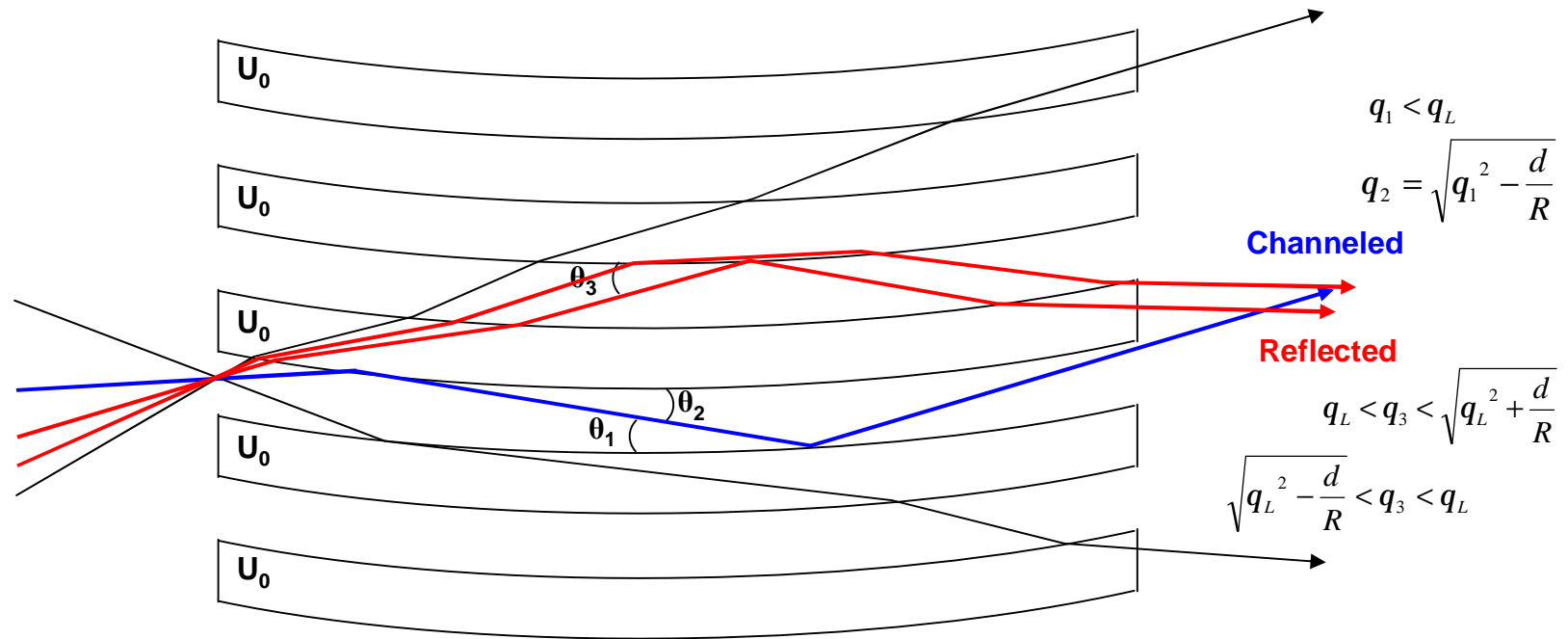
Каналирование в плоском кристалле (модель с прямоугольным потенциалом)

$$\frac{\sin f_1}{\sin f_2} = \sqrt{1 + \frac{2}{mv_1^2}(U_1 - U_2)} = \sqrt{1 - \frac{2U_0}{(pv)_1}}$$

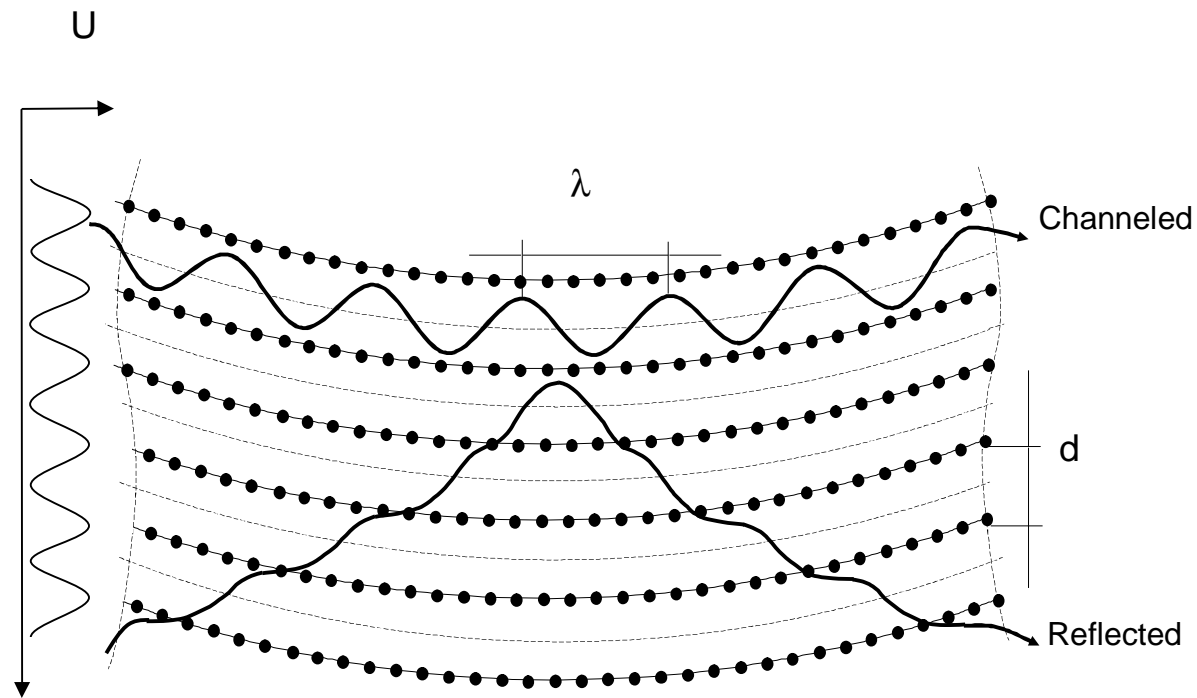
(Ландау и Лифшиц, Механика)



Каналирование и объемное отражение в изогнутом кристалле (модель с прямоугольным потенциалом)



Каналирование и объемное отражение в изогнутом кристалле (модель с гармоническим потенциалом)



Crystal collimation data from colliders

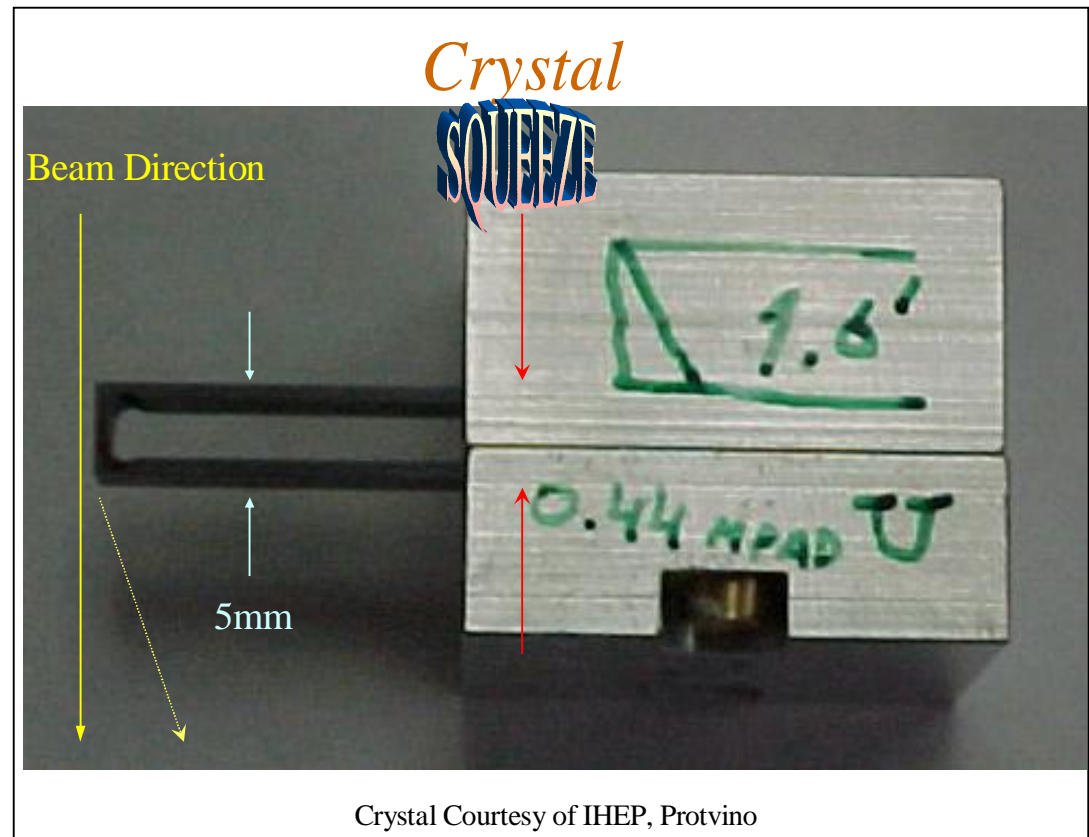
Slide taken from report to EPAC02 (Paris, France) on Crystal Collimation at RHIC

Made in PNPI (1999)

Used for experiments
on Crystal Collimation

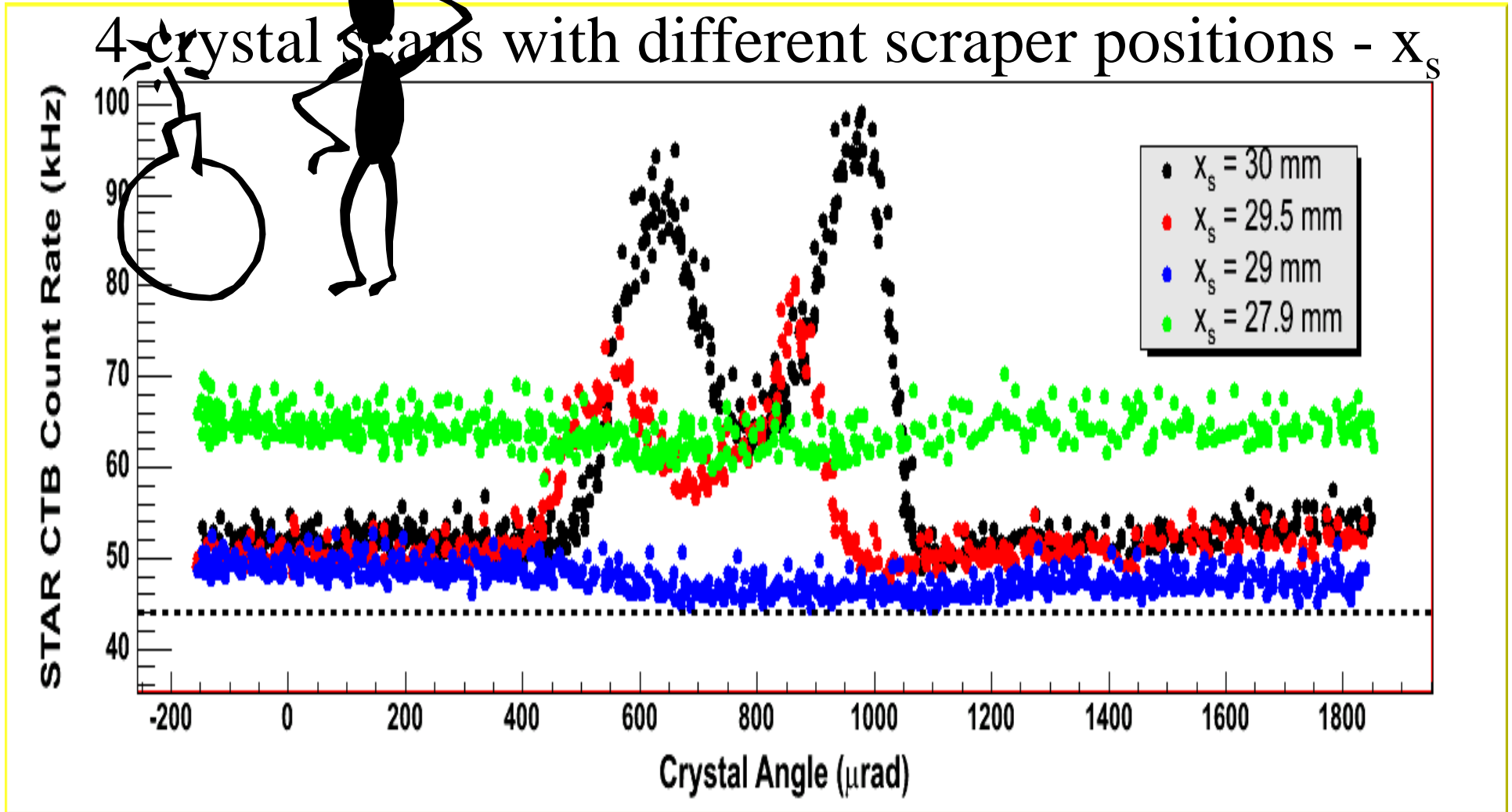
RHIC (2001-2003)

Tevatron (2005)



Taken from report of A.Drees to CC-2005 at CERN, March 7-8, 2005

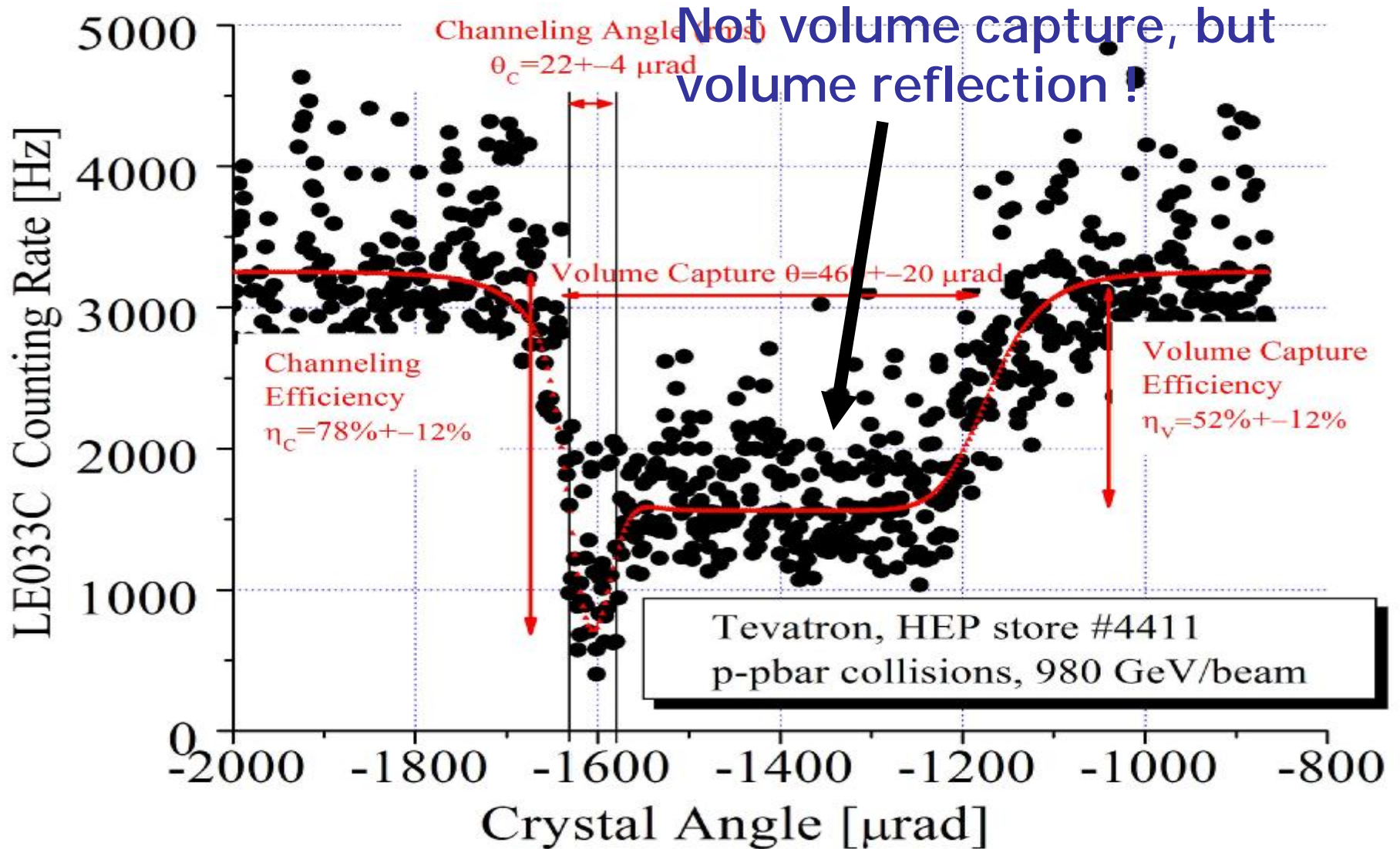
STAR Background



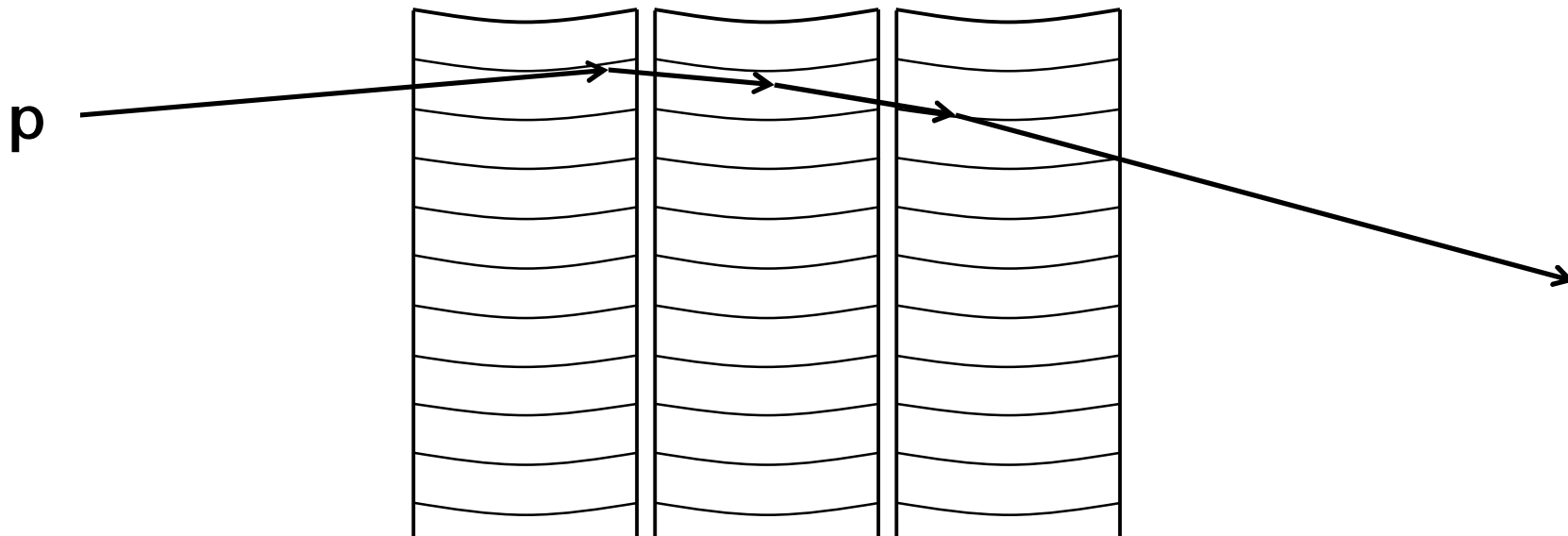
Crystal not moved horizontally

Taken from N.Mokhov's letter

1 TeV Channeling, October 5, 2005



New approach to deflector



Reflection phenomenon + new bending method for Si (111)

1 TeV

Estimated parameters of deflector using reflection:

Number of layers	5
Thickness of layer	0.8 mm
Angle of deflection	$\sim 50 \mu\text{rad}$
Probability	~ 1 per 1 passage

7 TeV

Estimated parameters of deflector using reflection:

Number of layers	5
Thickness of layer	1.5 mm
Angle of deflection	$\sim 15 \mu\text{rad}$
Probability	~ 1 per 1 passage

**Proposal to Study Proton Small-Angle
Scattering by Oriented Crystals on
CERN SPS External Beam**

SPS H8 Beam Line

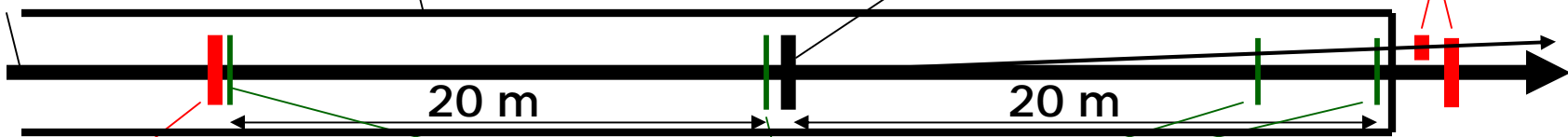
Beam line parameters taken from
C.Biino et al., PL B403(1997)163

10^5 protons/s
400 GeV/c
3 μ rad
5mmx5mm

Vacuum pipe

Crystal

Scintillators S2, S3



Scintillator S1
0.5 mm (1 μ rad)

Silicon with X- and Y-strips
X-position resolution 30 μ m
0.3 mm (1.5 μ rad)

AMS type
detector

$$\theta_{\text{critical}} \approx 10 \mu\text{rad}$$

$$\theta_{\text{bending}} \approx 100 \mu\text{rad}$$

$$\sqrt{2 \times 30 \mu\text{m} / 20\text{m}} \approx 2 \mu\text{rad}$$

Fermilab-Proposal P902-Exotic Atoms

Particle Mass Measurements and Strong Interaction Studies with Exotic Atoms using X-ray Crystal Spectrometer at the Fermilab Main Injector

Cs137 и Sr90 -----> Cs138 и Sr91