Частицы Высоких Энергий Ускорители, Большая Наука – – *зачем, почему и как ?*

Владимир Дмитриевич Шильцев

Директор Центра Ускорительной Физики

Лаборатория им.Э.Ферми (США)

Август 2011

АКАДЕМ ГОРОДОК ФМШ 1963

НГУ

ИЯФ СОРАН

APC

Владимир Дмитриевич Шильцев

Виноград	метод
МОСОЛ	установка
ВЛЭПП	проект
SSC	проект
TESLA	проект
ATL	закон
TEL	новый прибор
Tev	суперколлайдер
APC	физ.центр
MAP	нац.программа
CPT	“закон”

Содержание:

ускорители

сложная наука

население

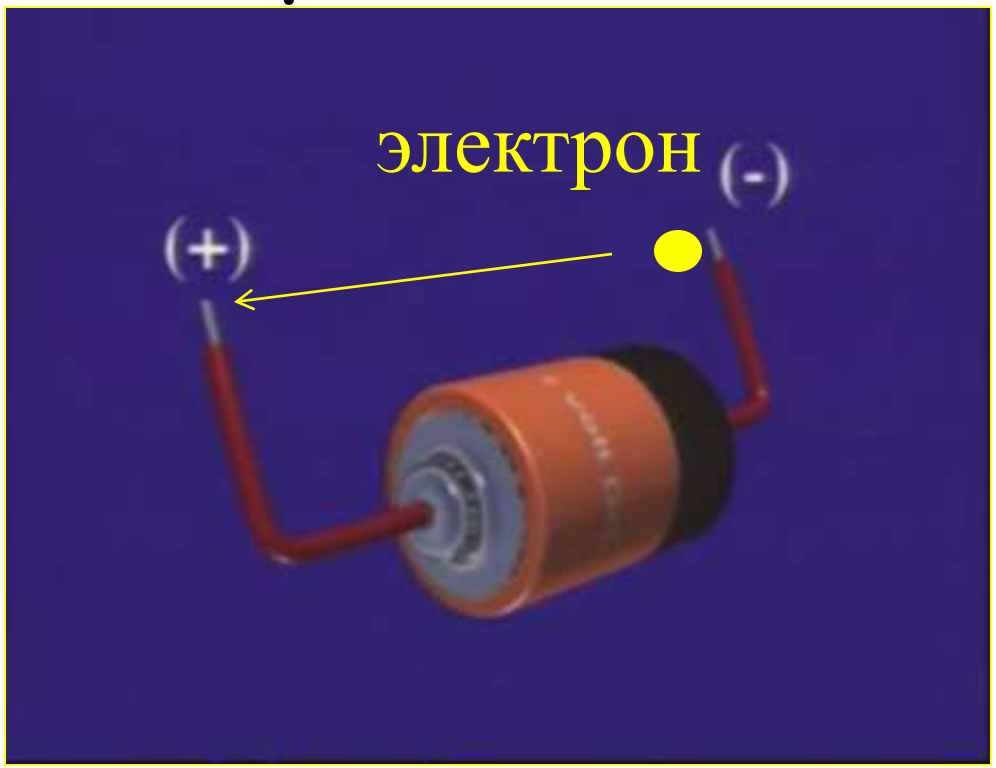
большие числа

зачем это все надо

где и как научиться

Ускорители Заряженных Частиц

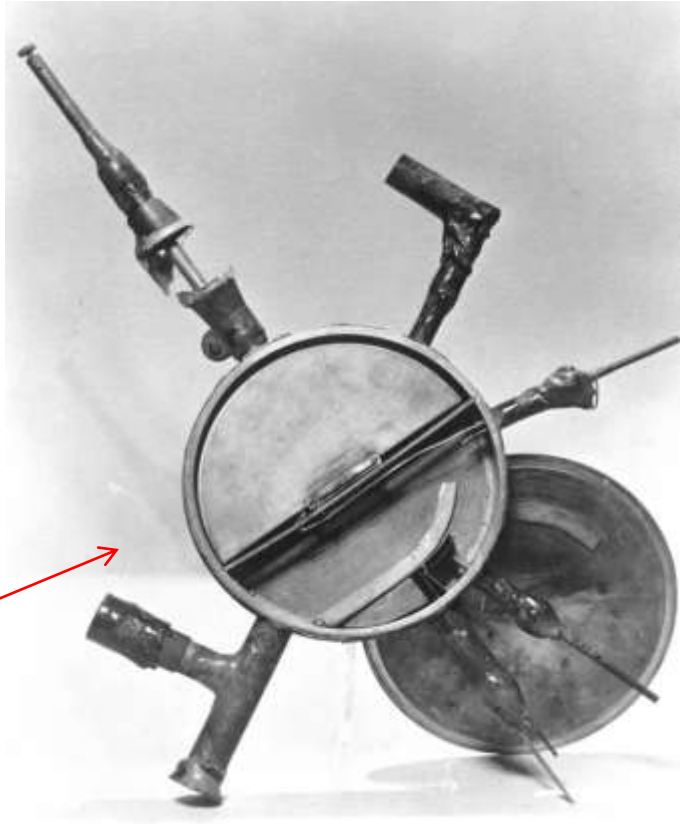
Батарейка 1 Вольт



1 электрон + 1 Вольт

=1 электронВольт

Дедушка Современных Ускорителей



Циклотрон 25$

80,000 Вольт

Современный Ускоритель - 6км

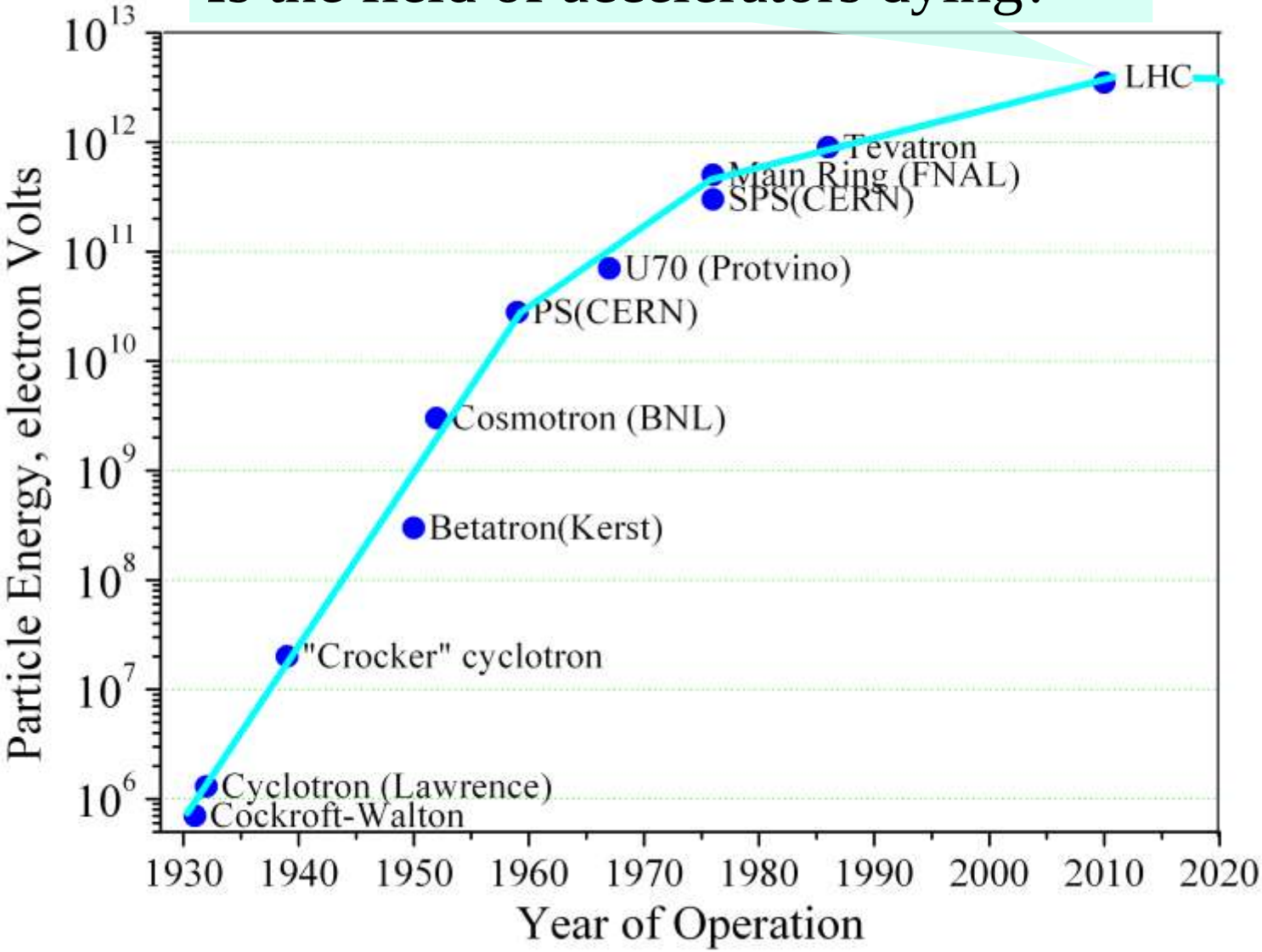
1,000,000,000,000 (12 нулей!) Вольт

LHC Large Hadron Collider 27км

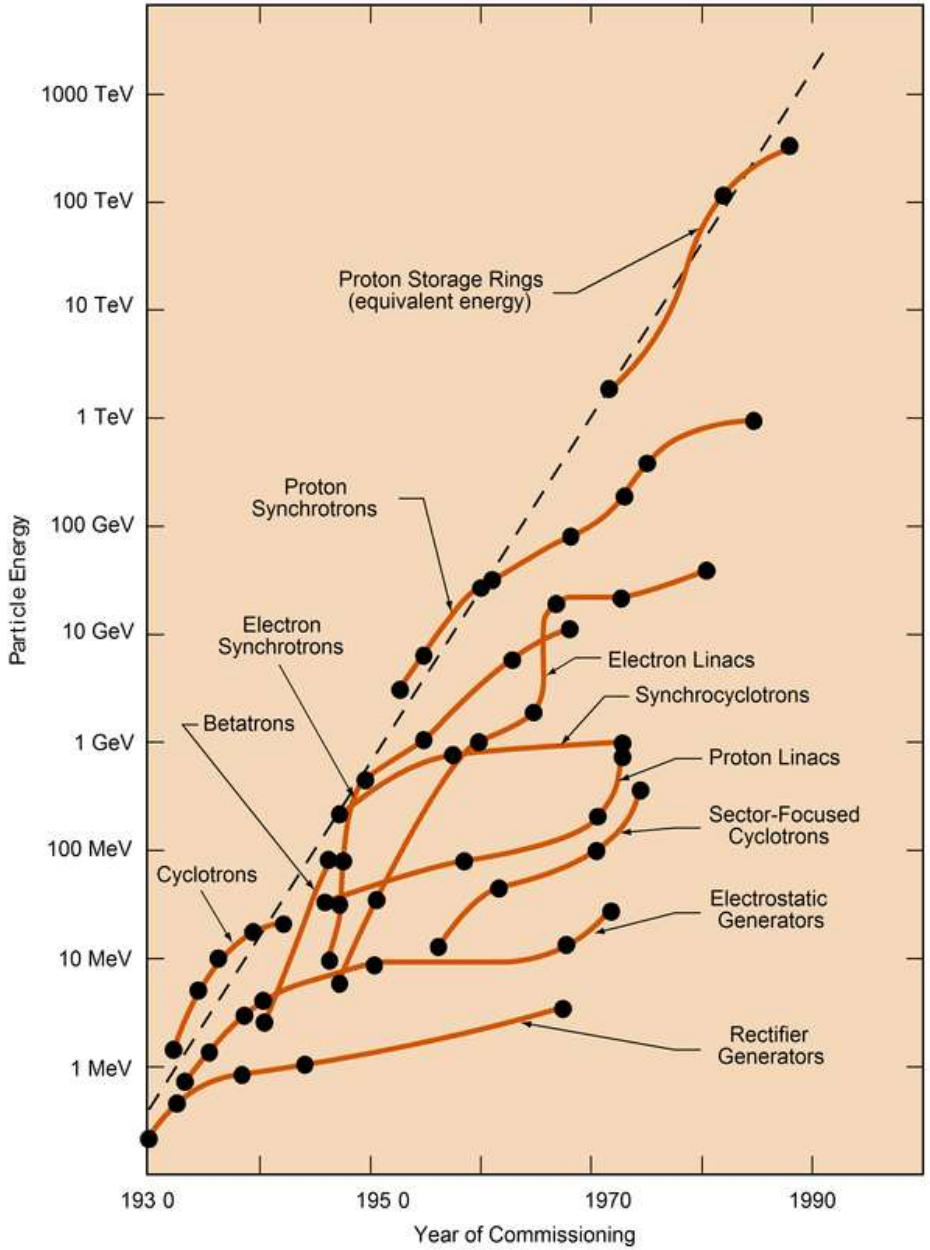
БАК = бак

Причины для пессимизма

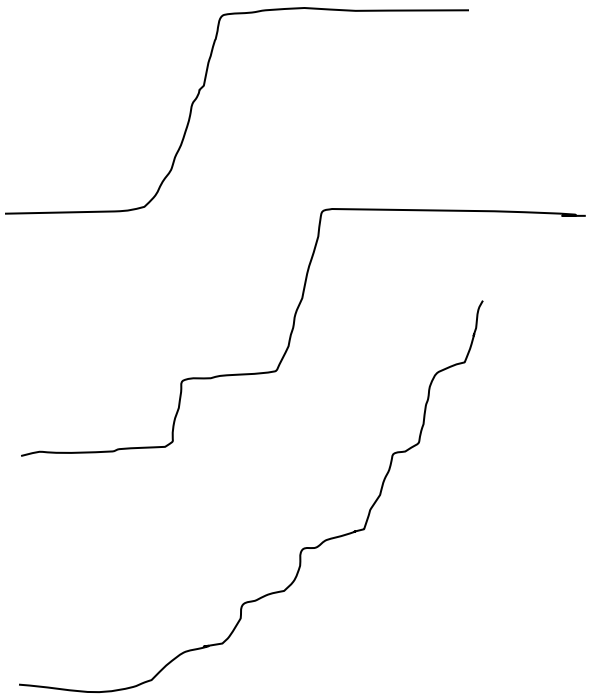
Is the field of accelerators dying?



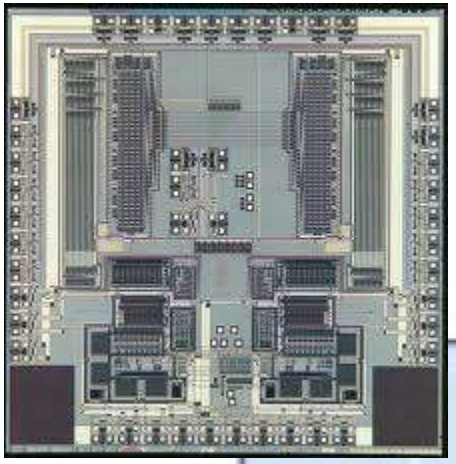
Сложность



Сложность достижения цели



Примеры Сложных Систем



“Закон Мора”

число тразисторов на чипе
растет в 2 раза за 2 года

Общая “CPT Теорема сложности”

$$Fractional\ \ Gain\ \ per\ steps\ 1 \rightarrow (1+F)$$

$$after\ \ M\ \ steps\ (1+F)^M \approx e^{FM}, \text{etc.}$$

Или во времени

$$L(after\ \ time\ T) = L_0 \times \exp(T/C)$$

C (Complexity, Сложность) = время [годы] нужные для увеличения в ***e раз***

Напр “Закон Мора” → C=2/ln(2)=2.9

"CPT Theorem for Accelerators"

$$C \times P = T$$

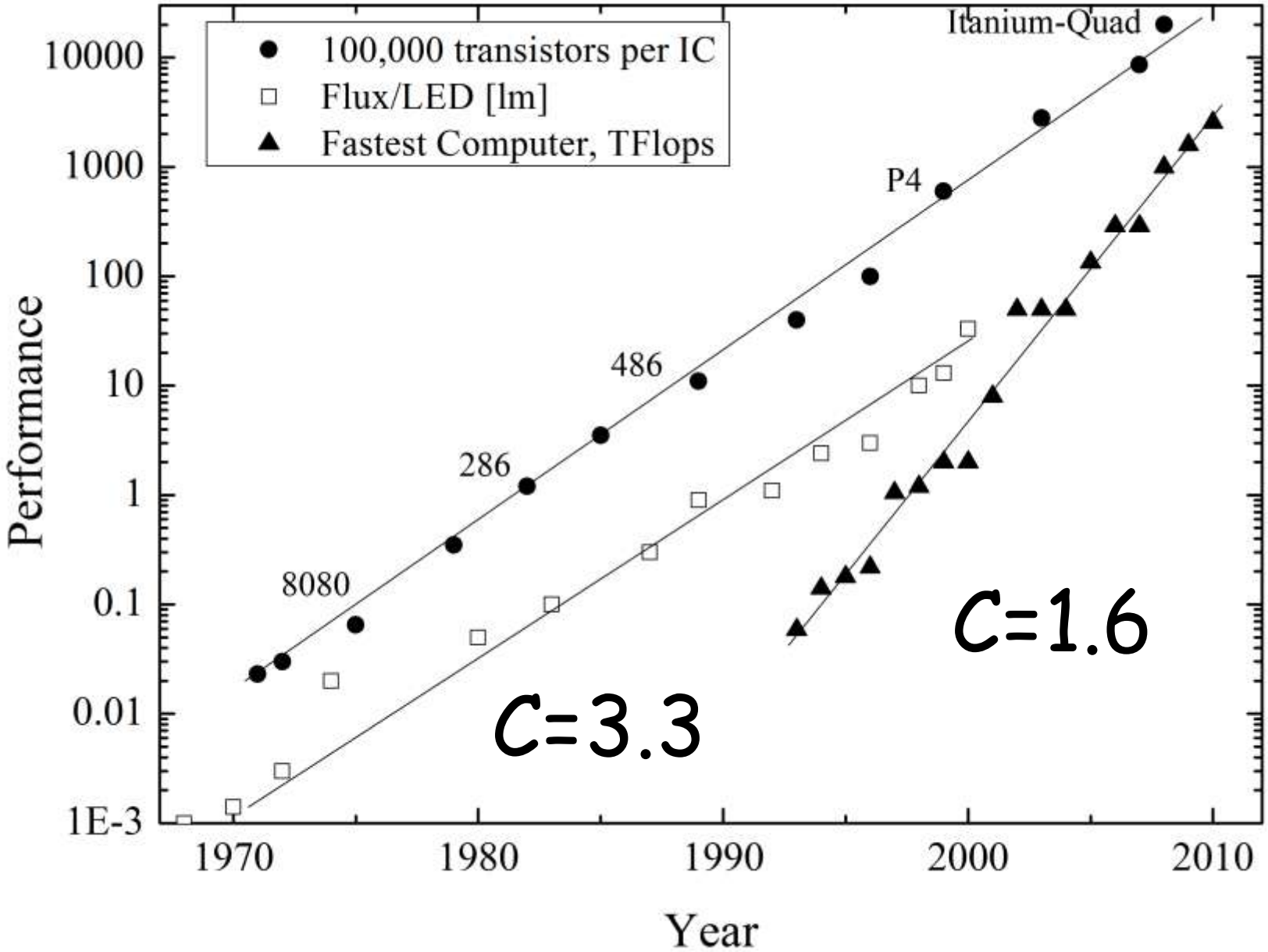
C = Complexity (of the machine)

P = Performance (or Challenge)

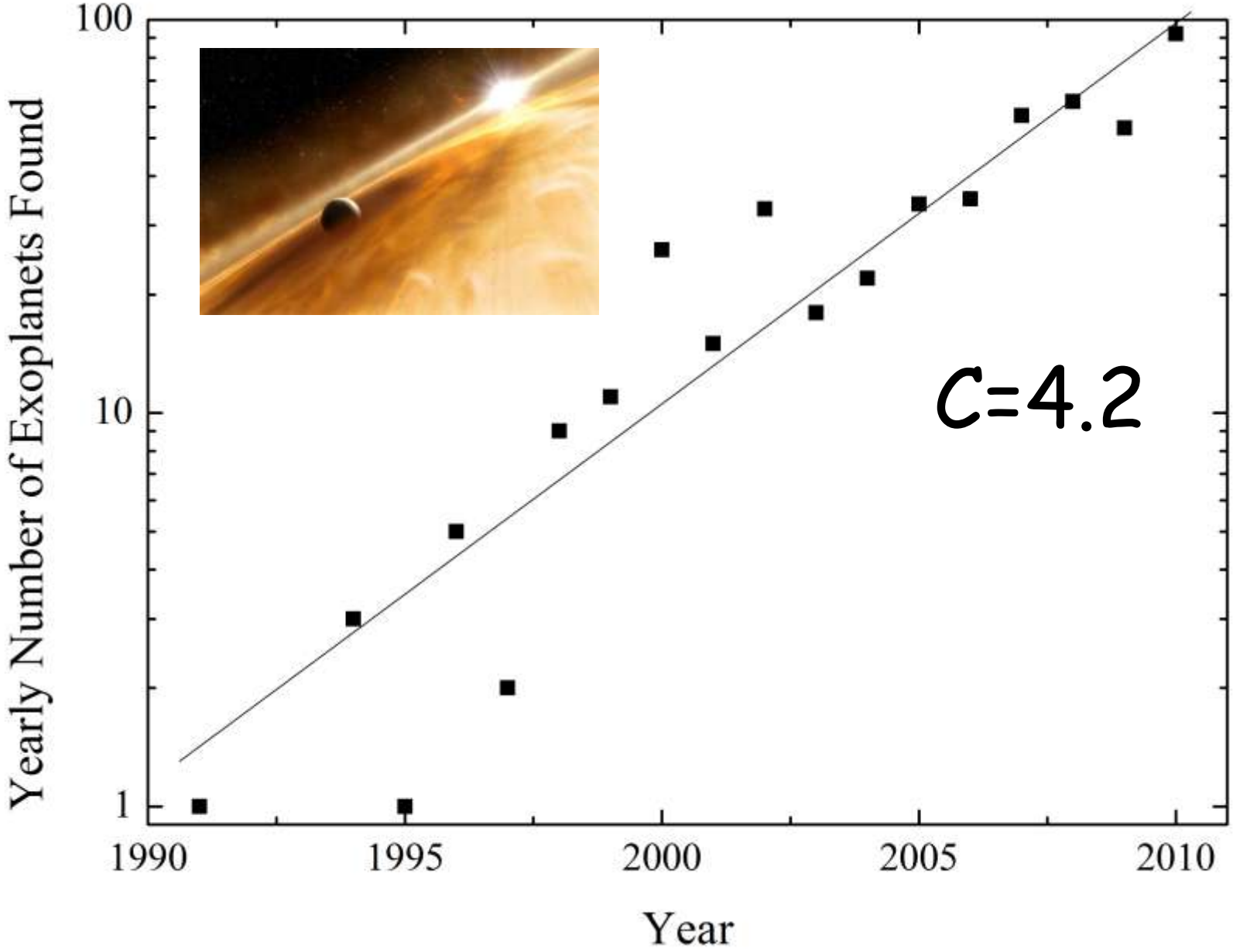
= *ln* (Key parameter, eg luminosity)

T = Time to reach *P*

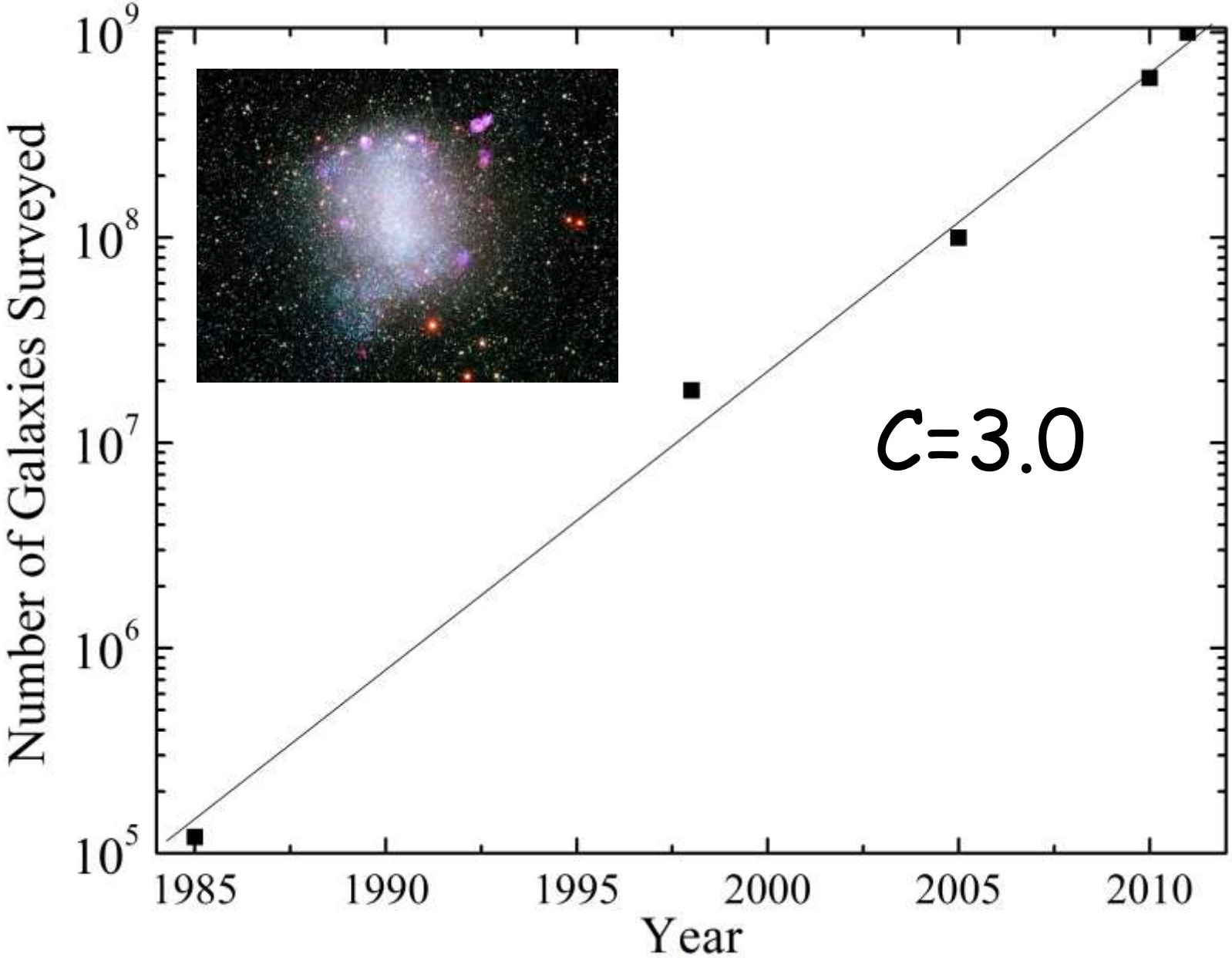
Другие Примеры из Техники



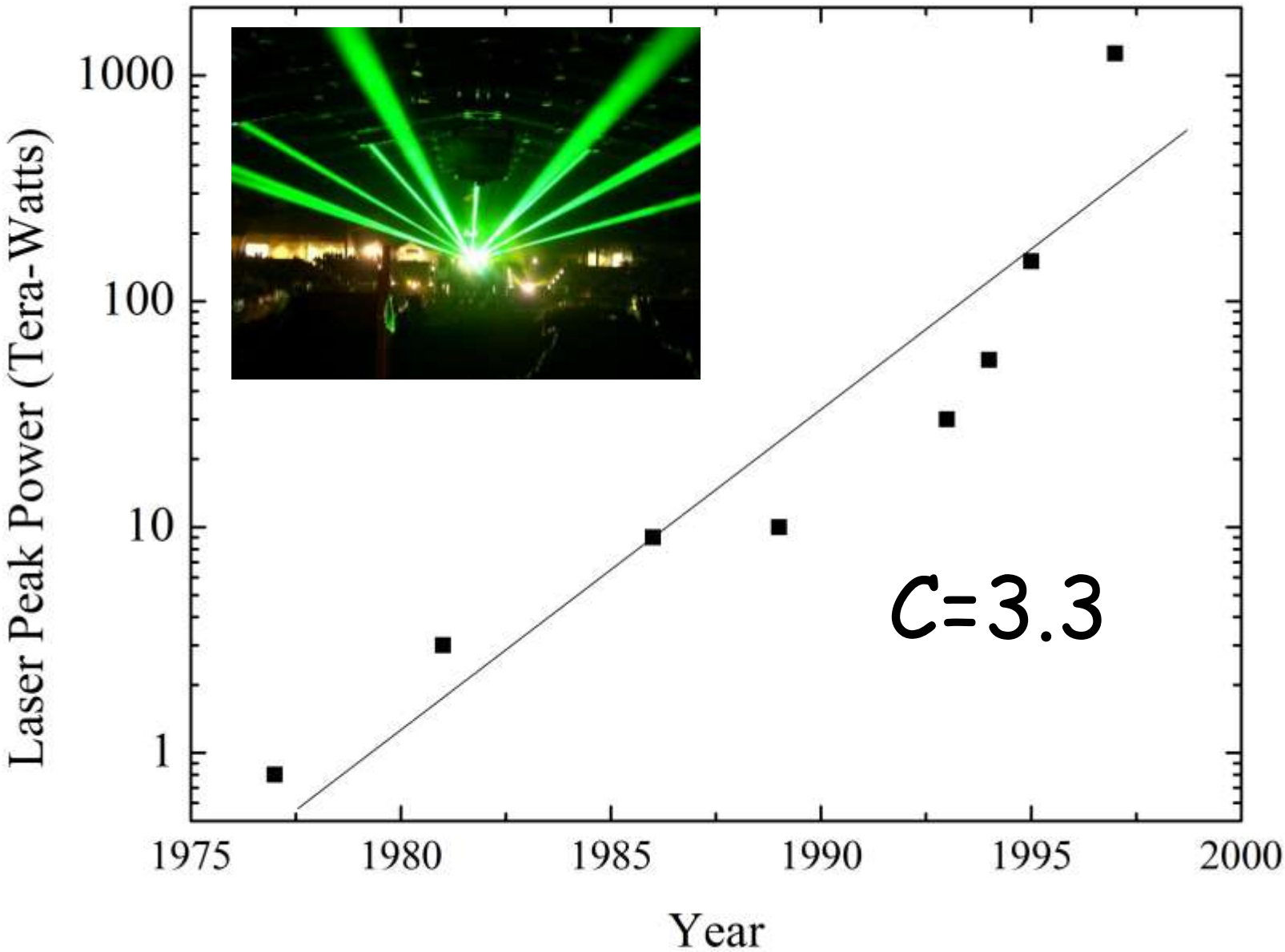
Примеры из Науки: Экзопланеты



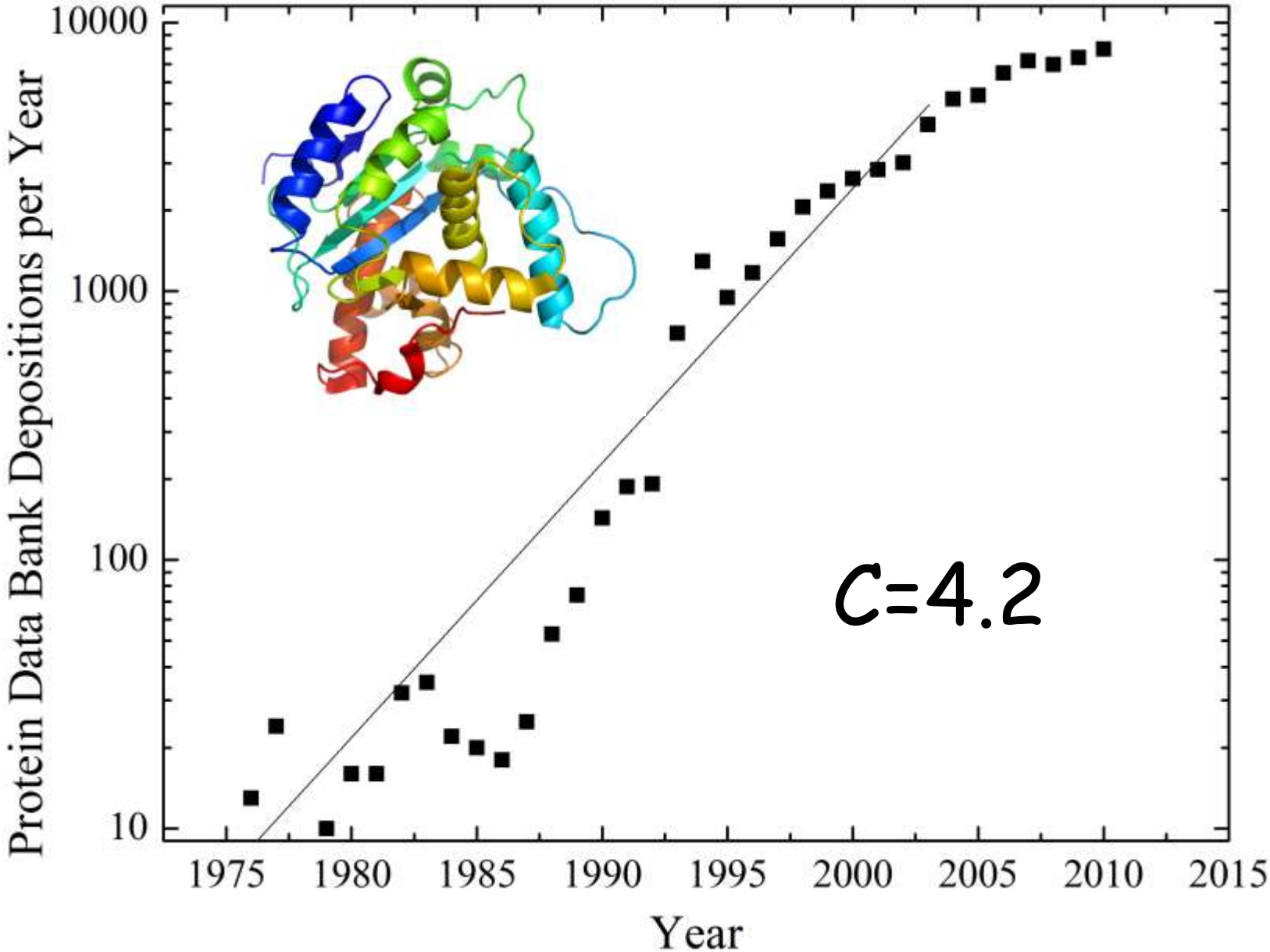
Обследованные Галактики



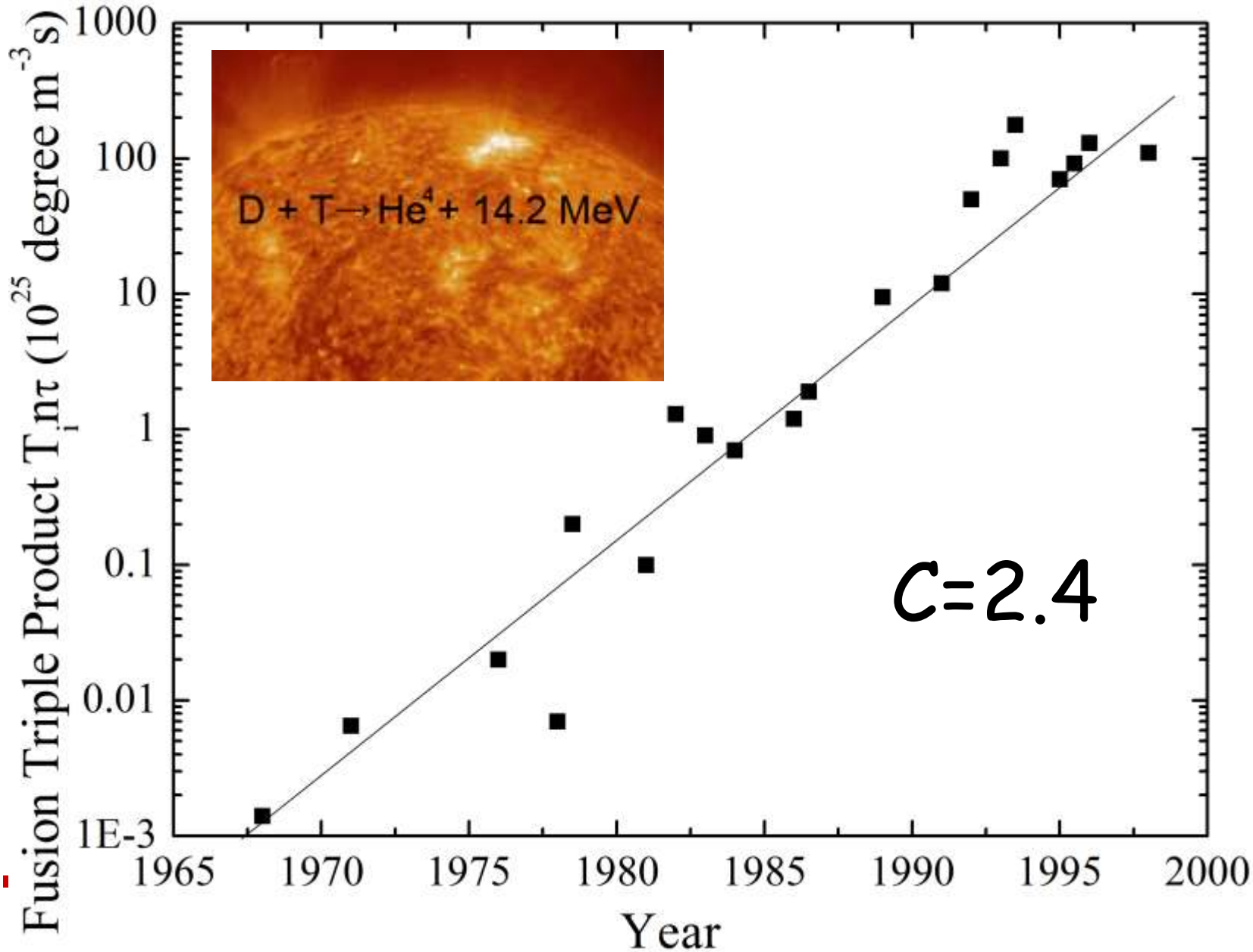
Сверхмощные Лазеры



Расшифровка Структуры Белков



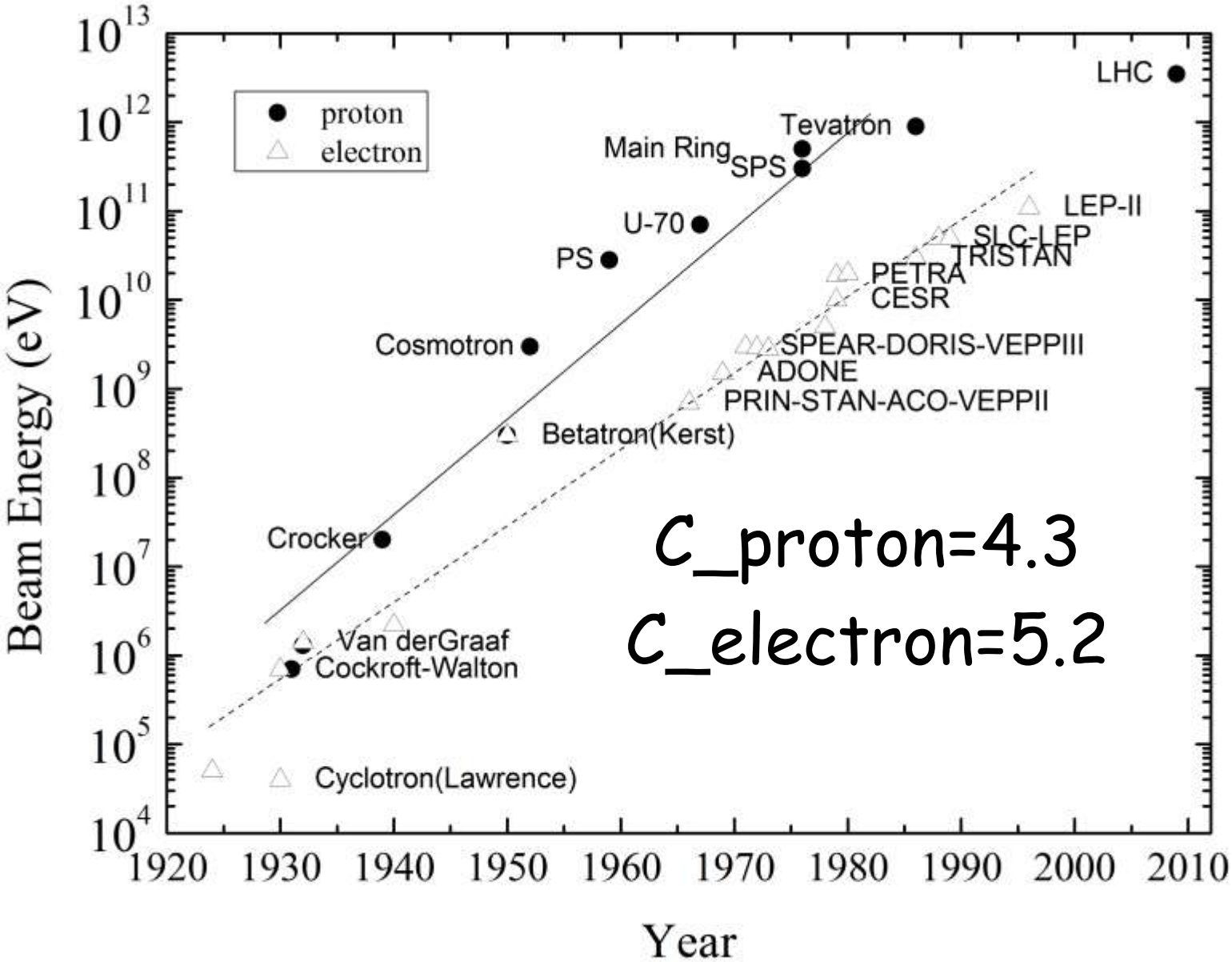
Реакторы Термоядерного Синтеза



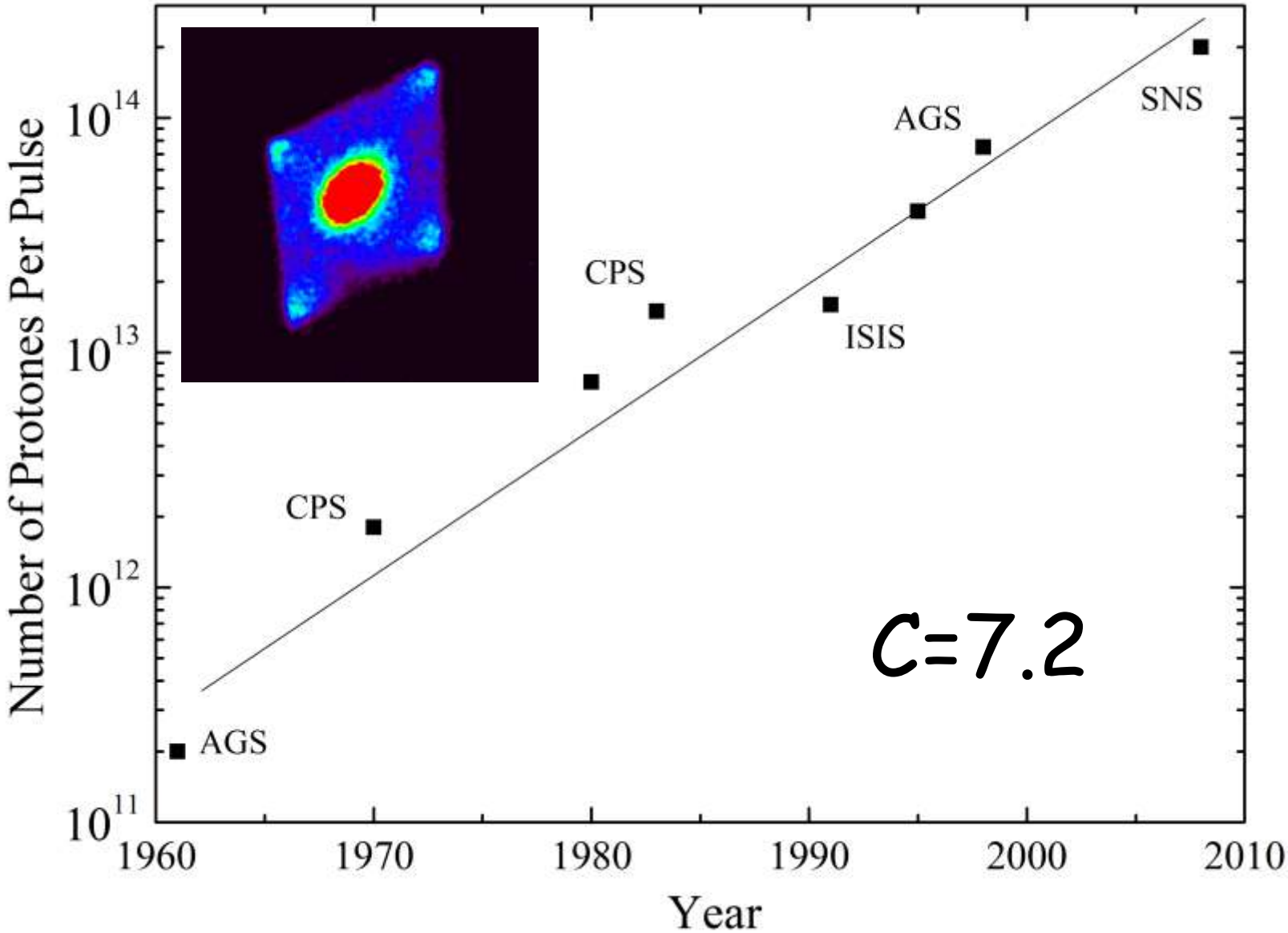
Ускорители

Сложнее ?
Или проще ?

Рекордная Энергия Пучков

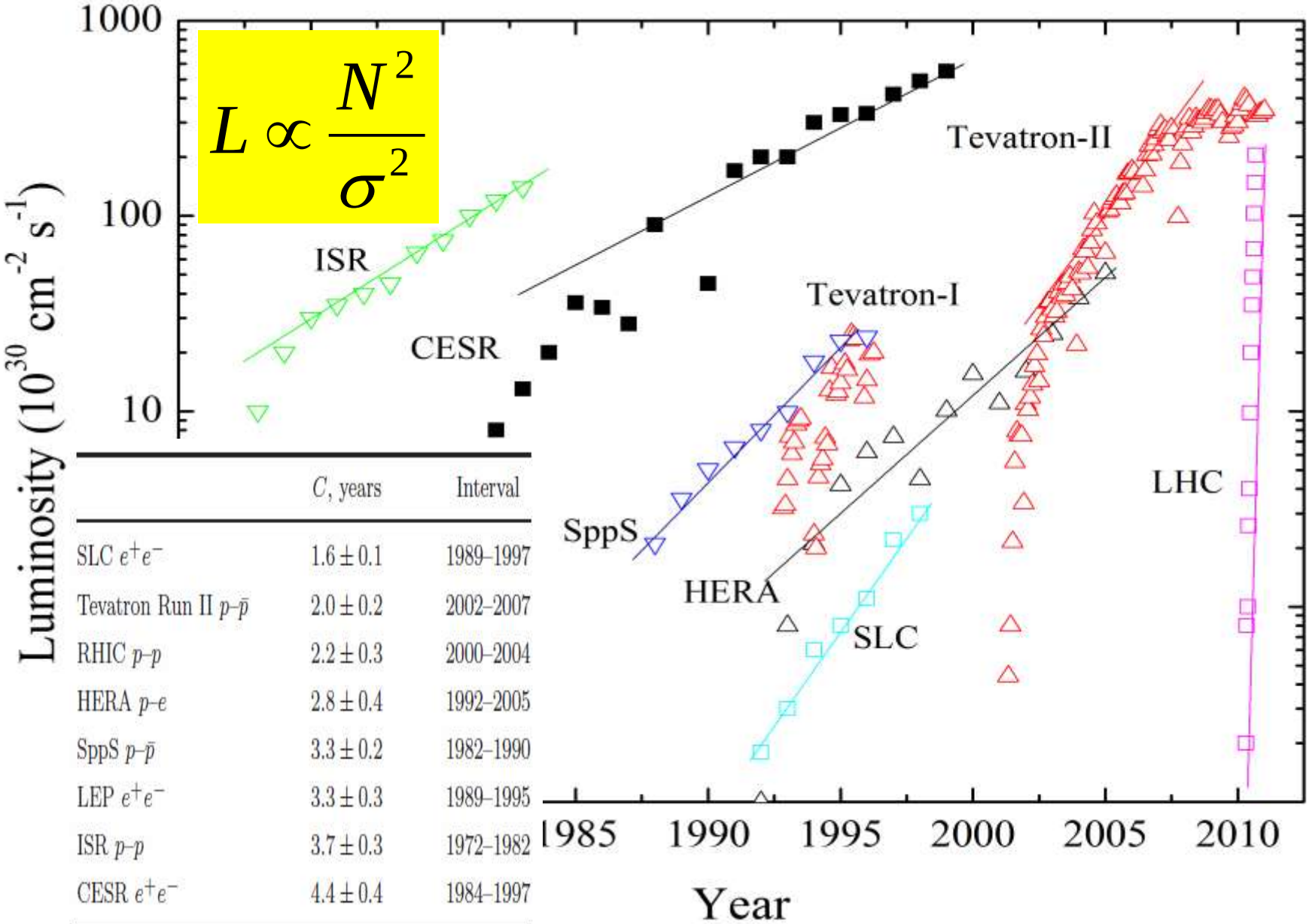


Рекордная Интенсивность Пучков



Рекордная Светимость Пучков

$$L \propto \frac{N^2}{\sigma^2}$$



	C, years	Interval
SLC e^+e^-	1.6 ± 0.1	1989–1997
Tevatron Run II p–$\bar{p}$	2.0 ± 0.2	2002–2007
RHIC p–p	2.2 ± 0.3	2000–2004
HERA p–e	2.8 ± 0.4	1992–2005
SppS p–$\bar{p}$	3.3 ± 0.2	1982–1990
LEP e^+e^-	3.3 ± 0.3	1989–1995
ISR p–p	3.7 ± 0.3	1972–1982
CESR e^+e^-	4.4 ± 0.4	1984–1997

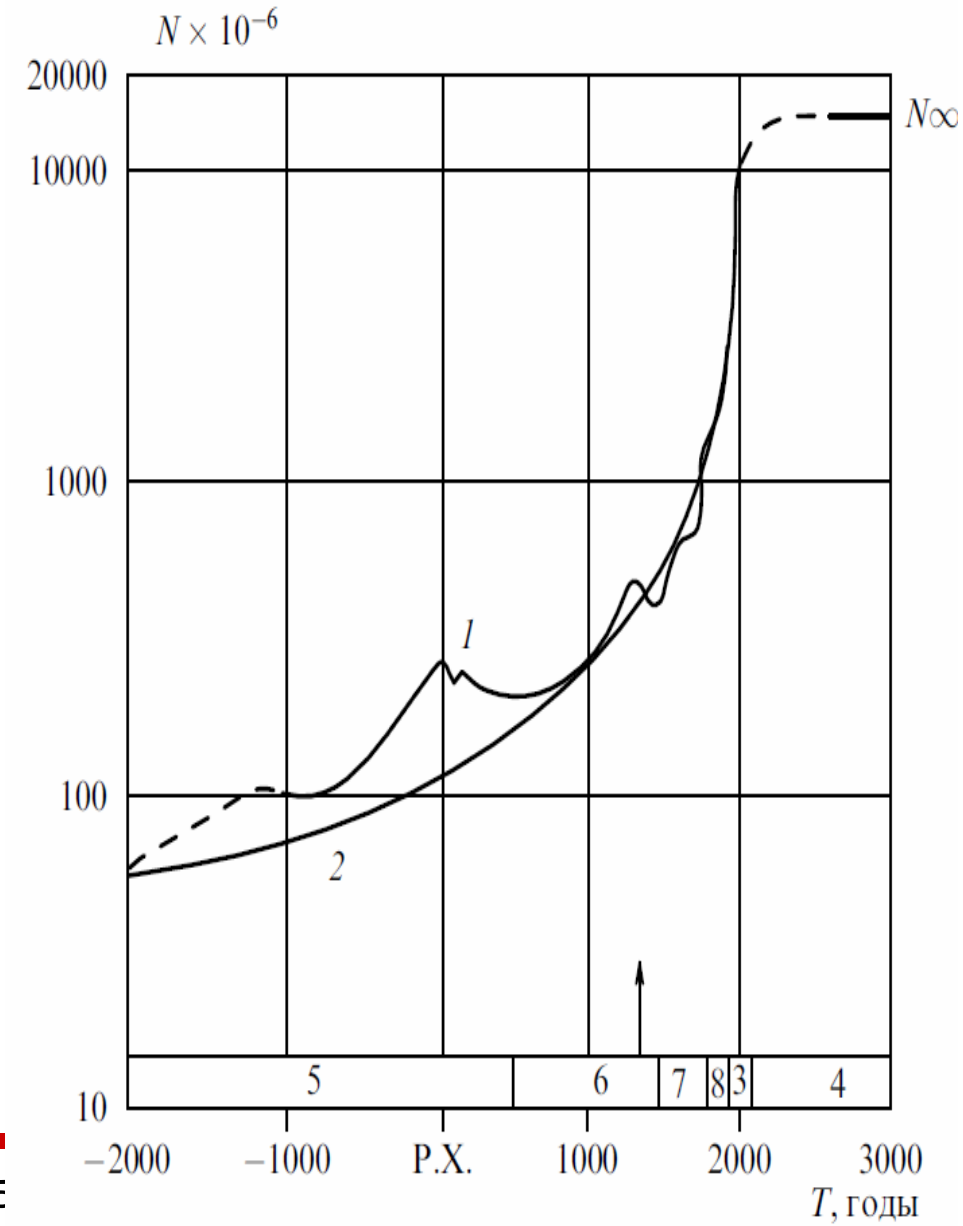
Контр-пример: Население Земли

$$\cancel{\frac{dN}{dT} = \frac{N}{\tau}, \quad N = N_0 \exp\frac{T}{\tau}}$$

$$\frac{dN}{dT} = \frac{N^2}{C}$$

$$N = \frac{C}{T_1 - T} = \frac{200 \times 10^9}{2025 - T}$$

Хорнер



Сводная Таблица

	C, years	Interval	Comment
Fastest computers	1.6 ± 0.1	1993–2010	http://www.top500.org/
Luminosity of colliders	$1.6 \ldots 4.4$	1972–2010	see Table 1
Fusion reactors	2.4 ± 0.2	1969–1999	
Transistors per IC	2.7 ± 0.05	1971–2009	Moore's law
Galaxies surveyed	3.0 ± 0.1	1985–1990	
Light per LED	3.3 ± 0.1	1969–2000	Heitz's law
Most powerful lasers	3.3 ± 0.5	1975–2000	http://laserstars.org/
Protein structures	4.2 ± 0.2	1976–2010	http://www.pdb.org/
Exoplanets search	4.2 ± 0.3	1991–2010	NASA
Energy of accelerators	5.2 ± 0.3	1930–1990	Livingston plot
Protons accelerated	7.2 ± 0.6	1960–2009	

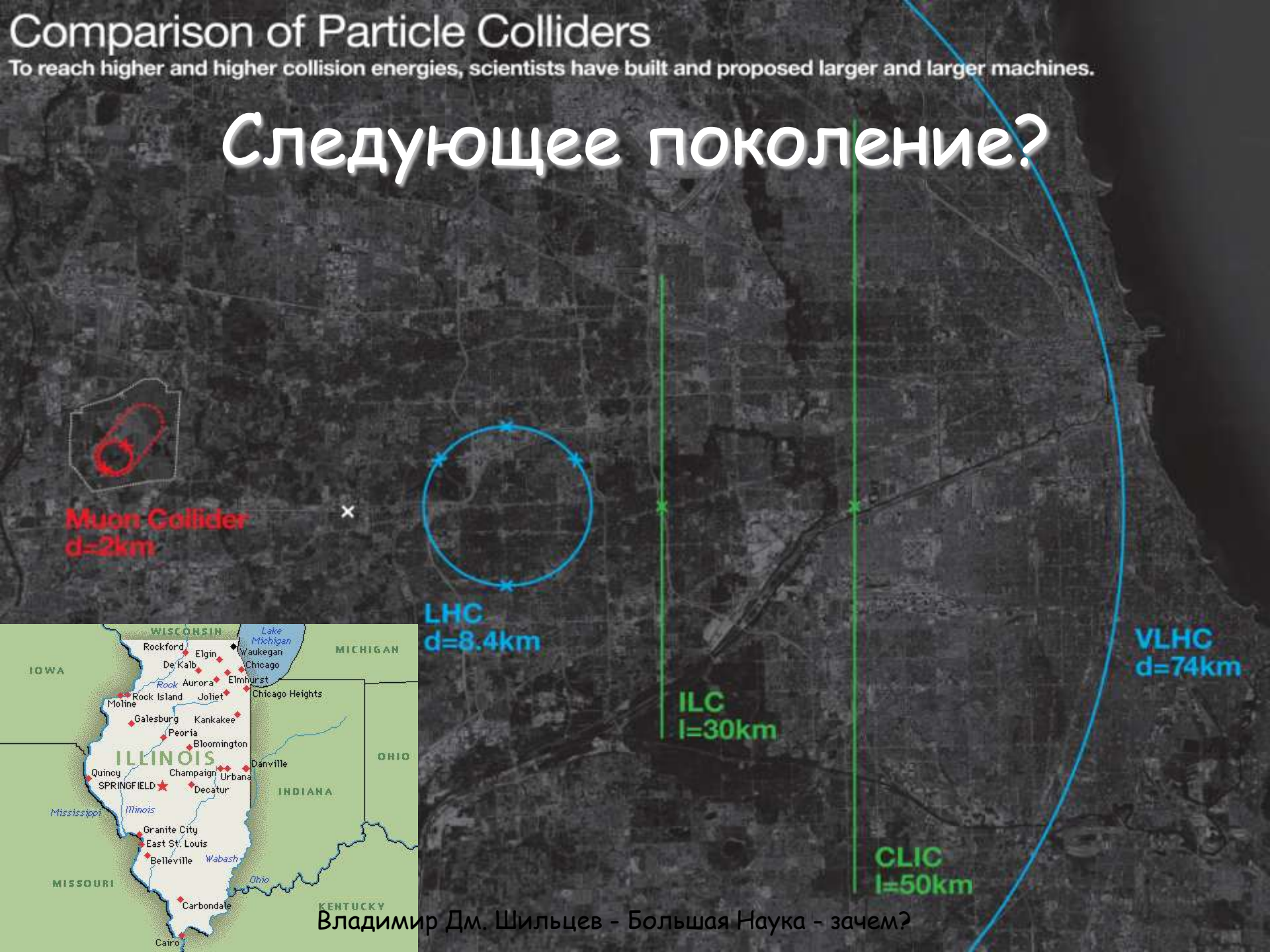
Modern Physics Letters A
Vol. 26, No. 11 (2011) 761–772

Вывод для Ускорителей

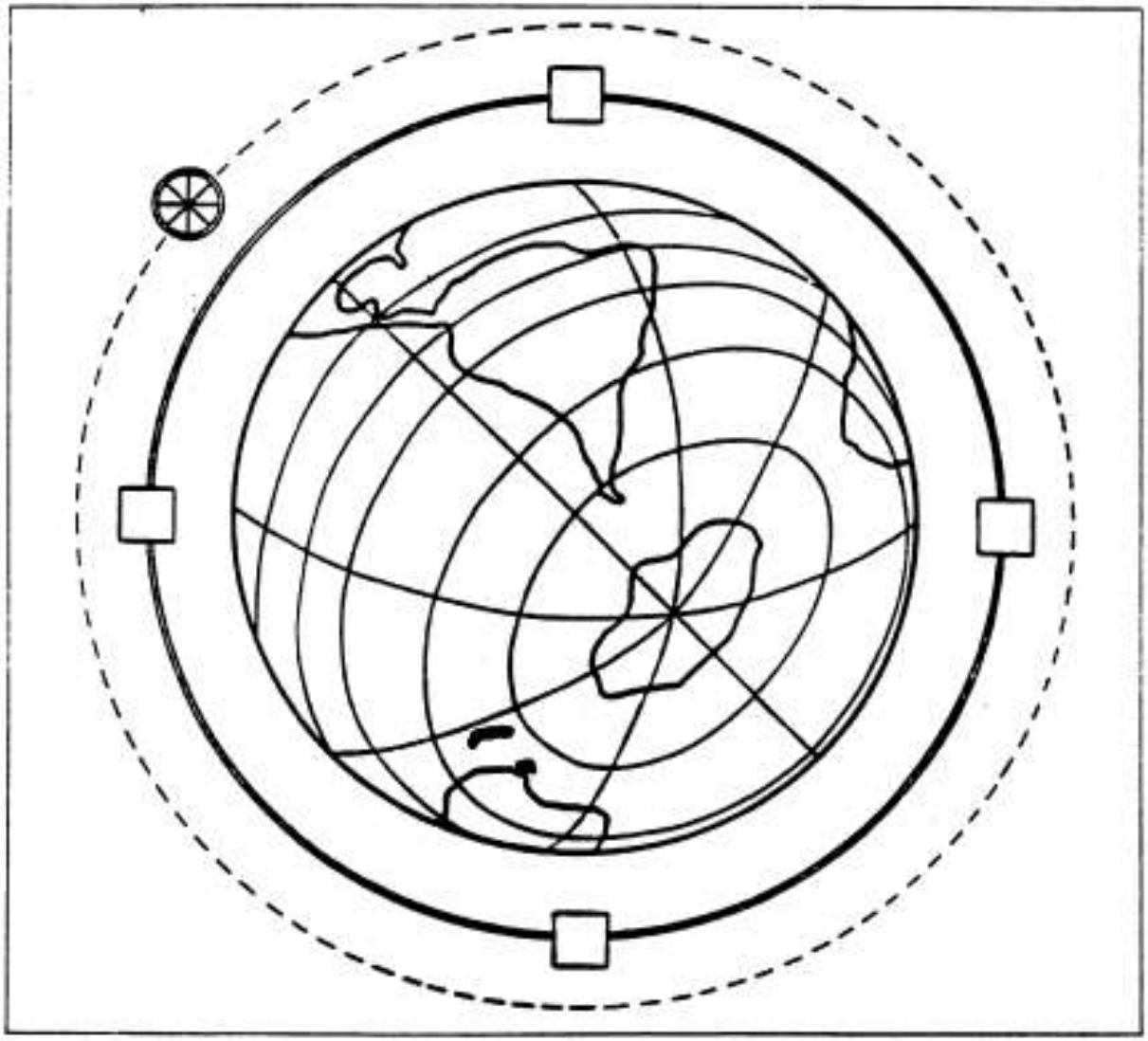
Искать будущее в микроразмерах (пучков, ускорителей и проч) – это проще (в смысле CPT теоремы)

Пока что , это не “главное” направление

Следующее поколение?



Предельный ускоритель Ферми



From a 1954 Slide by Enrico Fermi, University of Chicago Special Collections.

Тупиковый путь

LHC & ILC = 0.5B$/km → 15B$

(hardware only 0.2B$/km)

40,000 km ring=10,000TeV = 20 T$

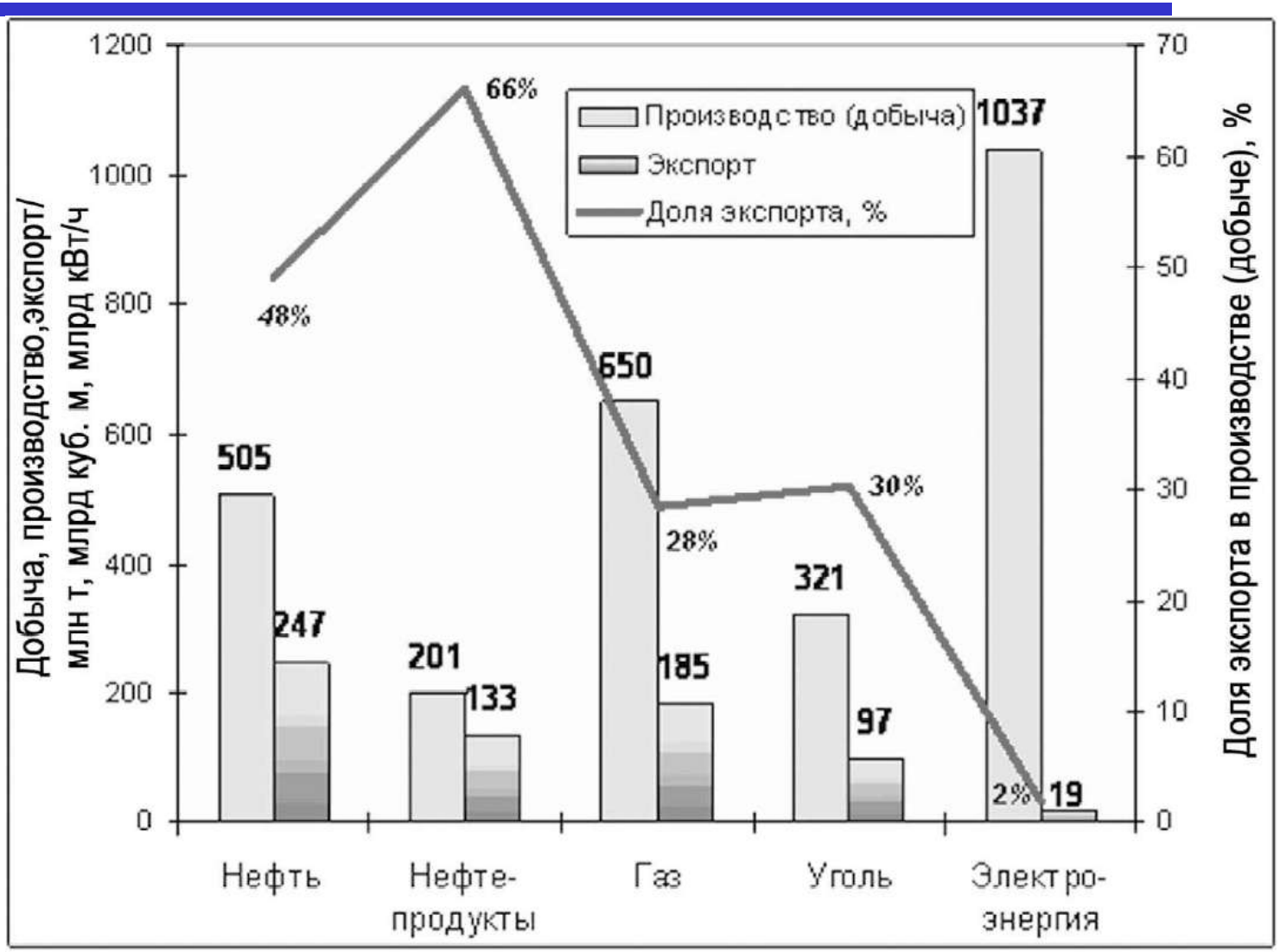
US GDP =15T$=15,000 B$/yr

Большие Числа

Баррель= 1/6 тонны

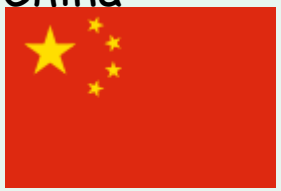
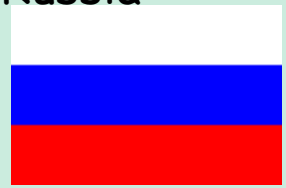
150 млн тонн=1.5 млрд бр

x100$ → 150 B$/год



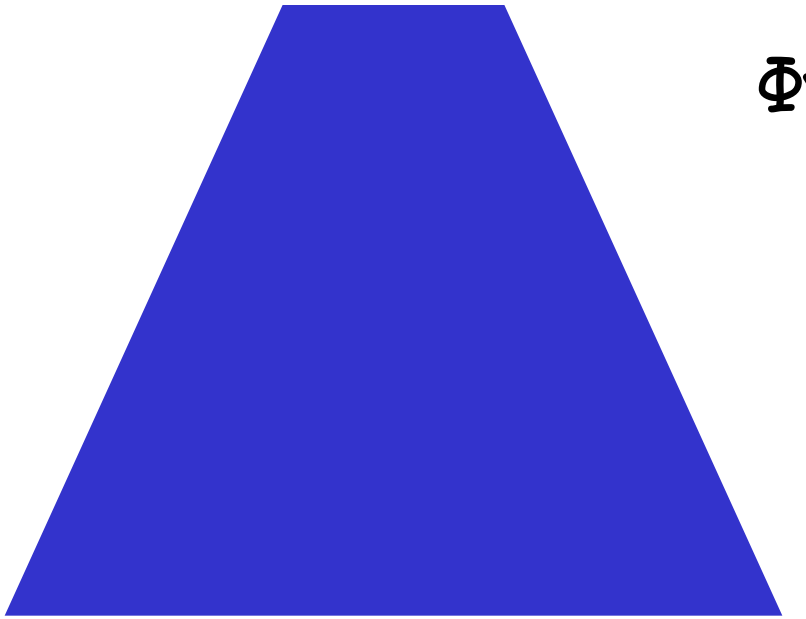
Доля экспорта в производстве (добыче) энергоносителей и энергии в России в 2010 г.

Большие Числа

	GDP B$	Goods B$	Research B$	Fundamental Sci B$
USA	15000	3500	390	30
China 	10000	6000	100	4
Russia 	3000	1100	20	2

Перевернутая Пирамида

Наука



Фундаментальная

Прикладная

Hi-Tech Пром

США и СССР

Россия

ЗАЧЕМ

«Огородя отечество безопасностью от неприятеля, находить славу государству через искусства и науки...»

Петр I

Откуда все "...есть пошло..." (quiz)

ем?

Физика и Бог

"...Религия и естествознание нуждаются в вере в Бога. При этом для религии Бог стоит в начале всякого размышления, а для естествознания — в конце. Для одних он означает фундамент, а для других — вершину построения любых мировоззренческих принципов..."

Наука и Бог

Владимир Воеводскиий

Fields Medal 2002 - Гипотеза Милнора

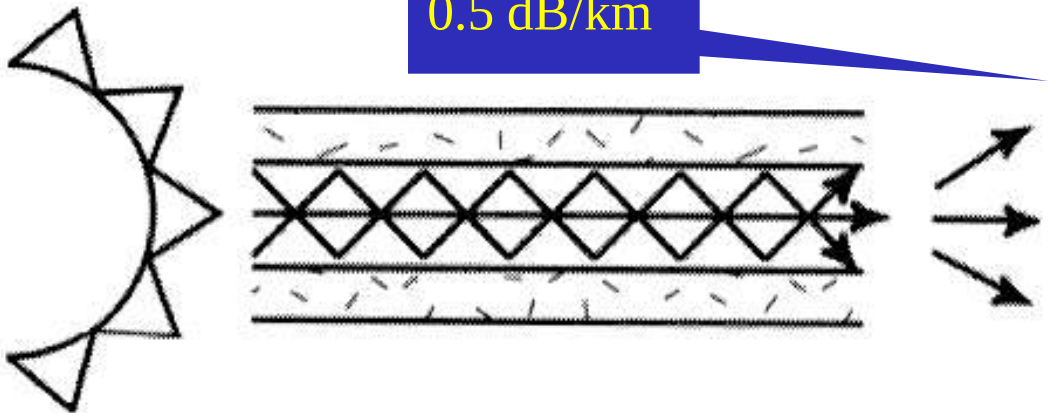
Возвращаясь к Ускорителям

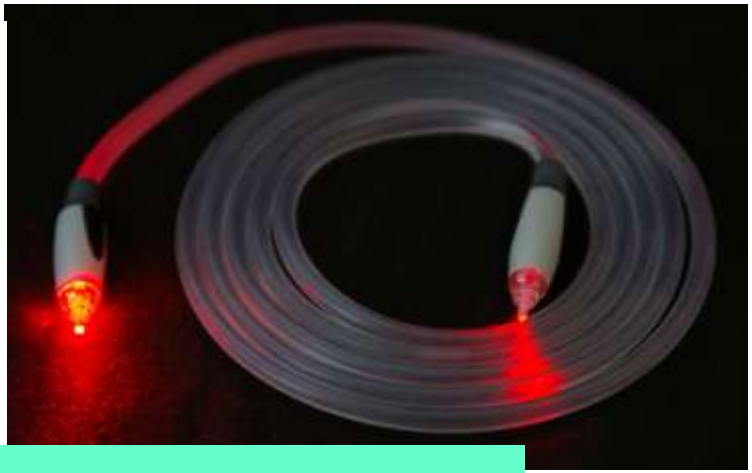
Искать будущее в микроразмерах (пучков, ускорителей и проч)

Какие идеи? (пара)

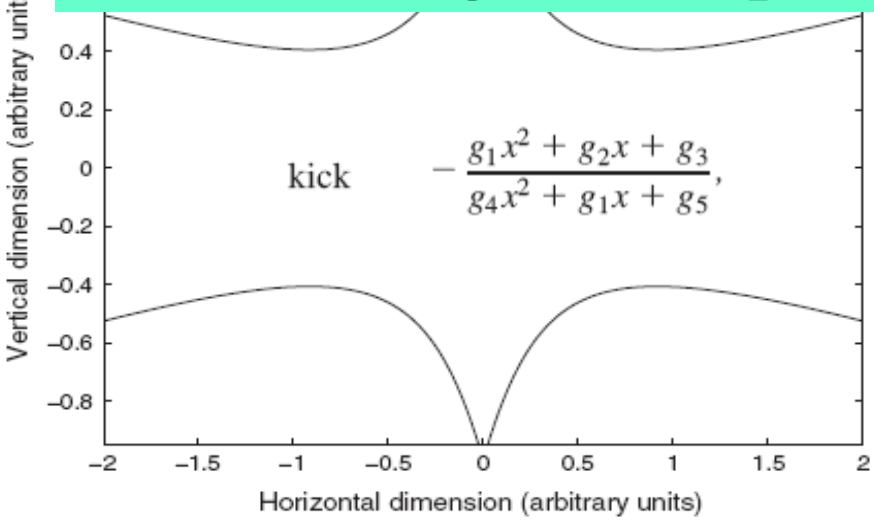
Сверхмалые Пучковые Каналы (удержание)

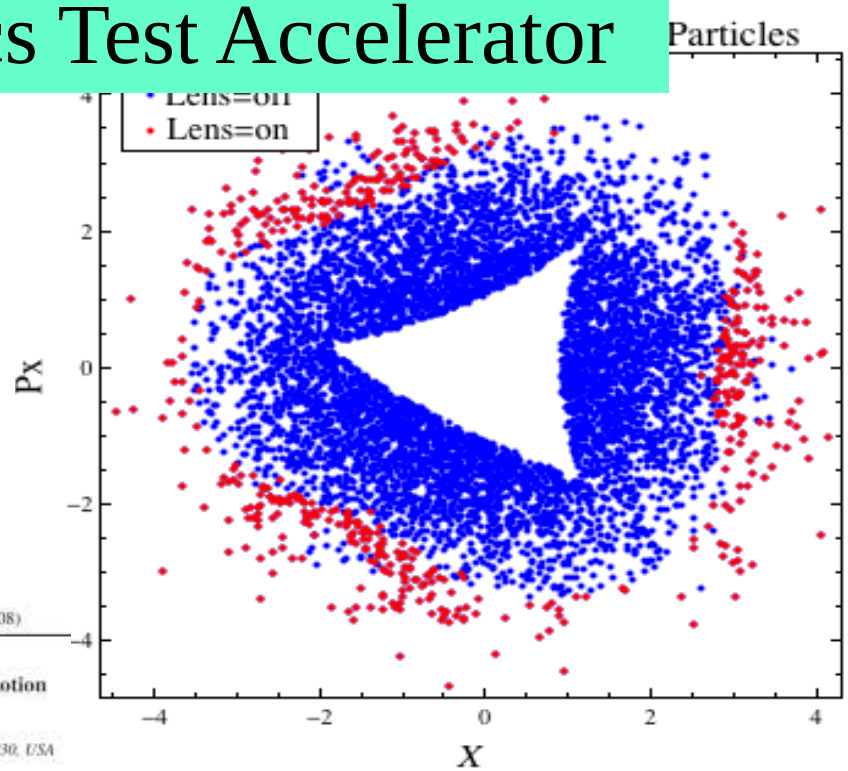
0.5 dB/km





IOTA=Integrable Optics Test Accelerator





PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS - ACCELERATORS AND BEAMS 11, 114001 (2008)

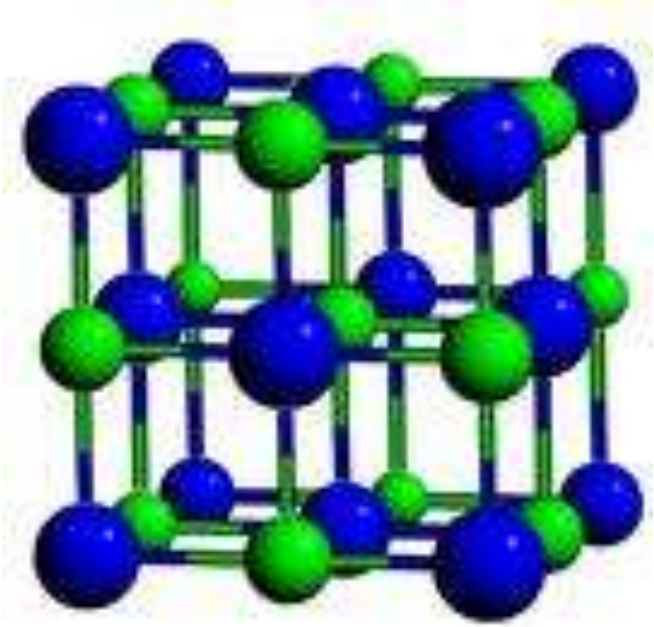
Practical solutions for nonlinear accelerator lattice with stable nearly regular motion

V. Danilov

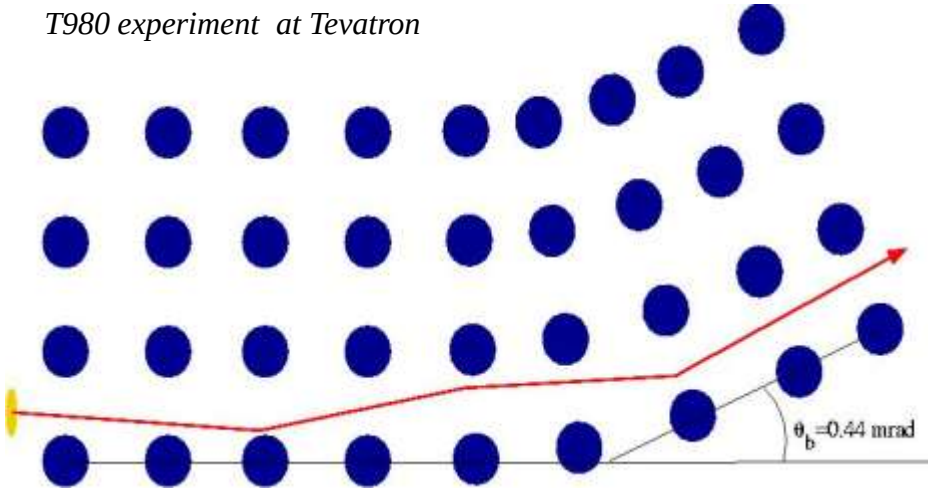
Spallation Neutron Source Project, Oak Ridge National Laboratory, Building 8600, Oak Ridge, Tennessee 37830, USA

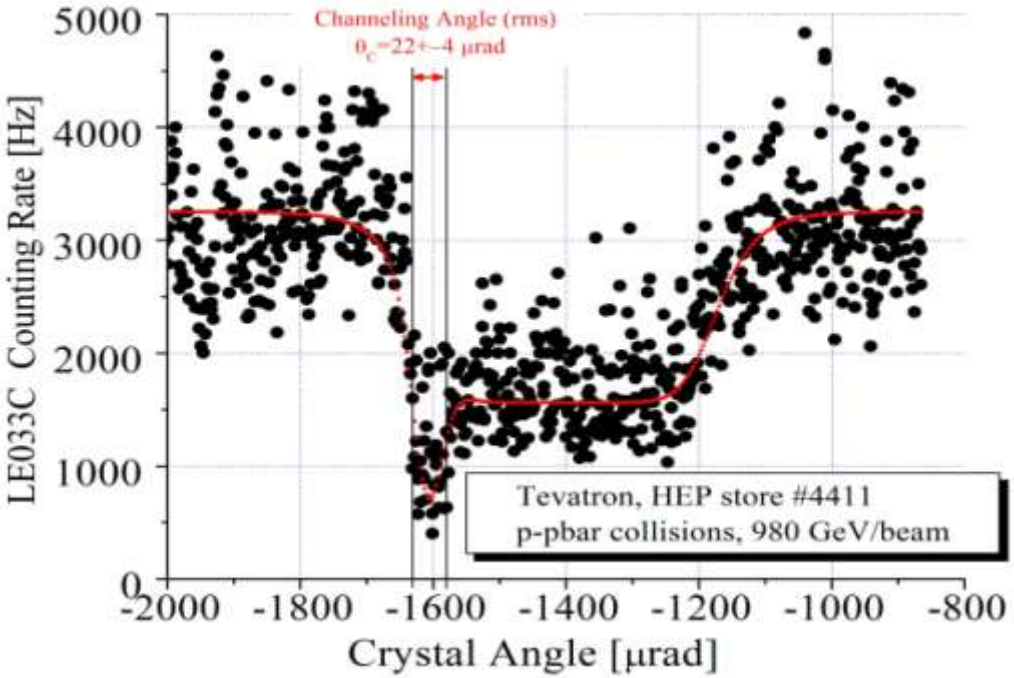
(Received 21 August 2008; published 20 November 2008)

Или, Например, В Кристаллах



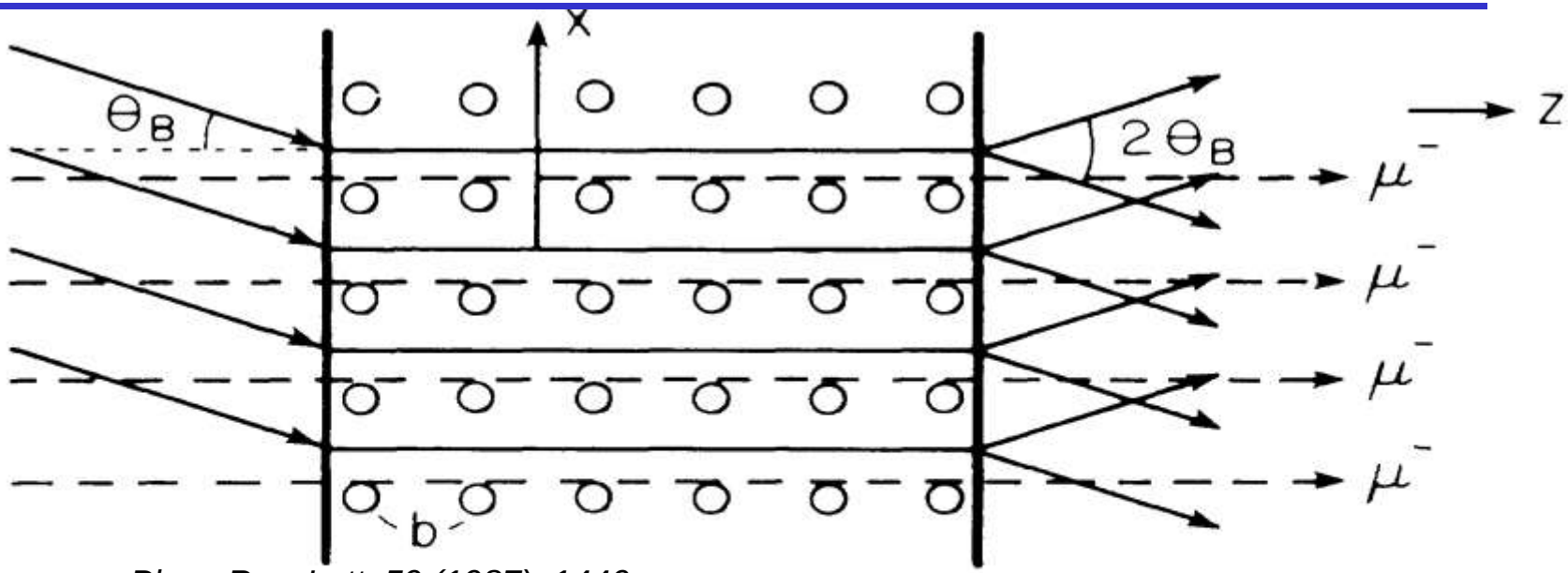
T980 experiment at Tevatron





- Strong inter-planar electric fields ~10V/A=1GV/cm
- Very stable, can be used for
  - deflection/bending (*works*)
  - focusing (*works*)
  - acceleration (*if excited*)

Crystal Excitation by X-Rays

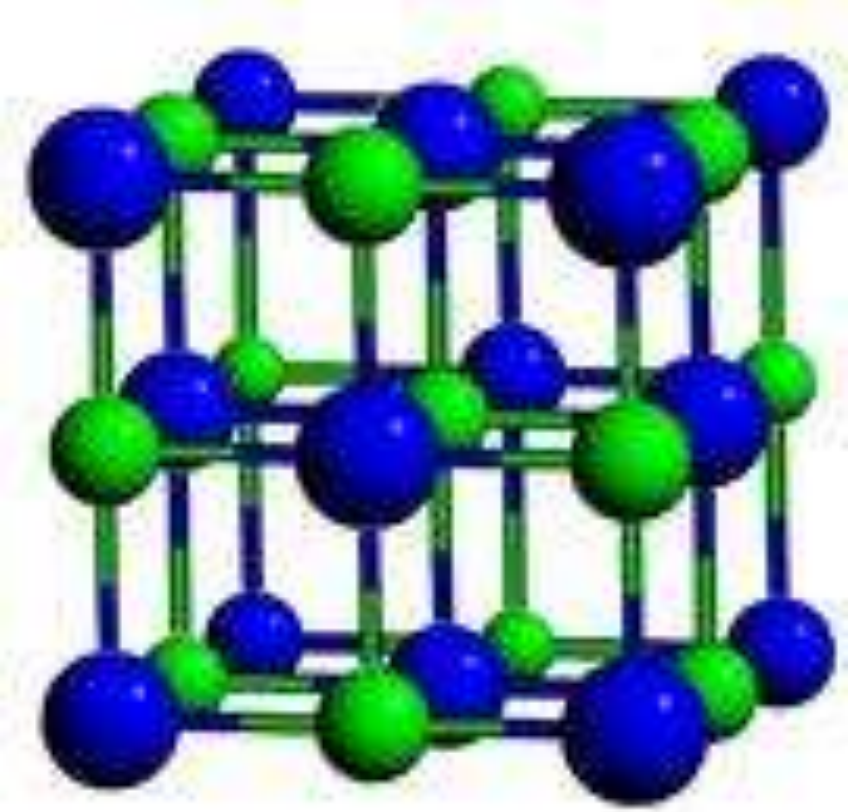


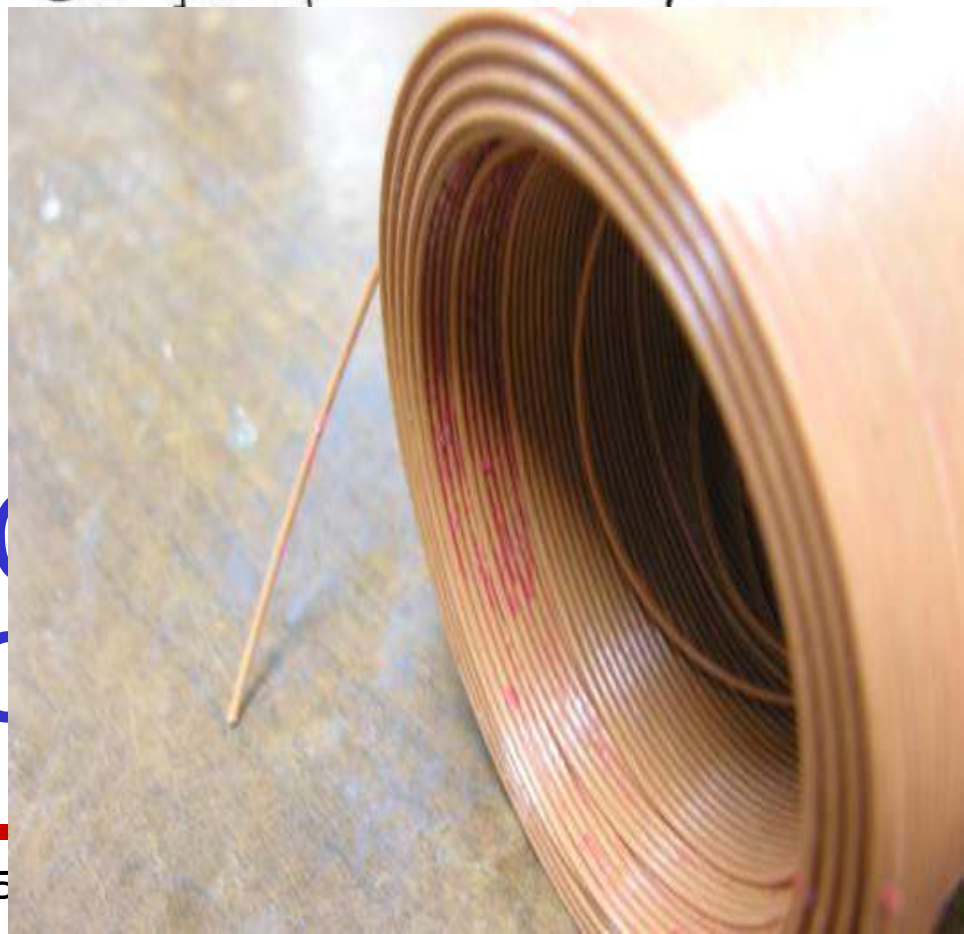
Tajima,Cavenago, Phys. Rev. Lett. 59 (1987), 1440

FIG. 1. Bormann anomalous transmission. When the x rays are injected at the Bragg angle, the Bormann effect takes place. Particle beams are injected along the crystal axis.

- Need 40keV high peak power x-rays
  - now available from SASE FELs like LCLS
- Gradients >1GV/cm
- Muons preferred
  - bremstrahlung
- μ+ rad length 10^9 cm
  - total energy~10^9 GeV

Микро(Нано) Ускоритель





20В/Ангстрем=(

50км для 1(

Возможное решение (подход)

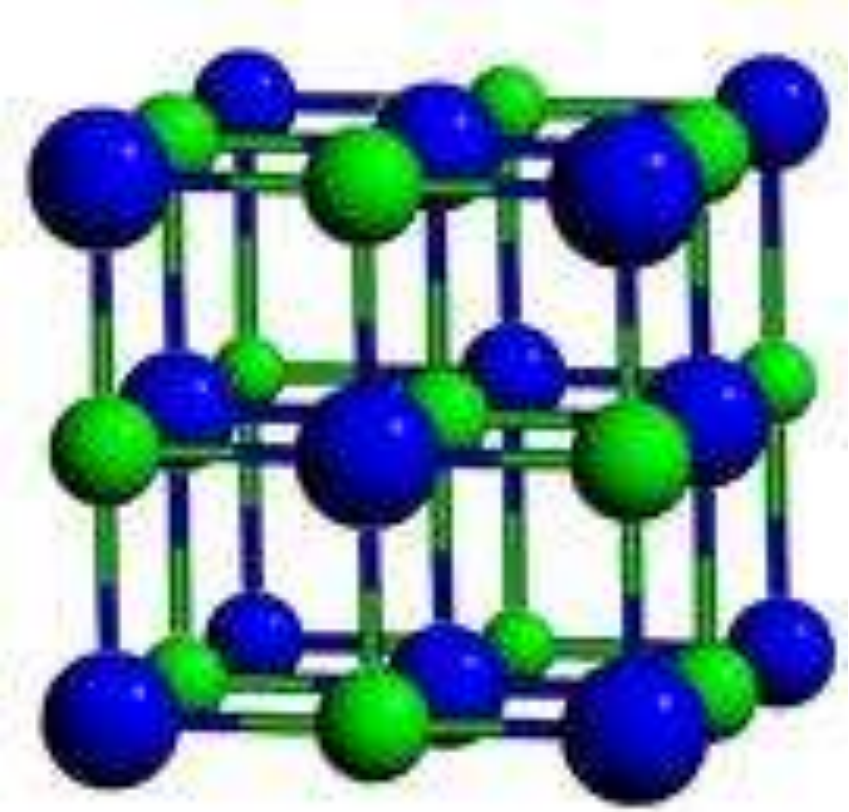
Отказ от пучков = 1+1 частица

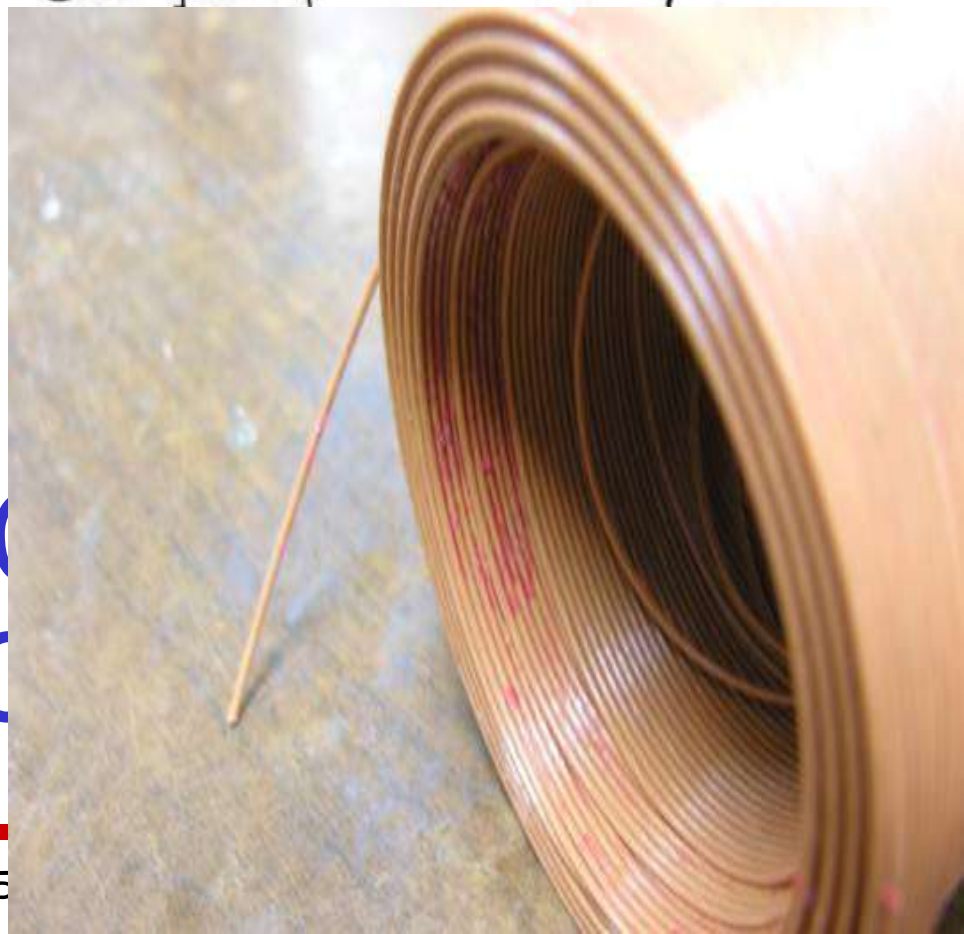
Получить надо только Энергию

Скажем 10,000 ТеВ+10,000 ТеВ

Маленький ускоритель+большой детектор (атмосф или лед)

Микро(Нано) Ускоритель





20В/Ангстрем=(

50км для 1(

Возможно ли это?

Надо пробовать... Или искать другие пути...

Кому любопытно проверить?

(где научиться)

Летняя Стажировка в Фермилабе

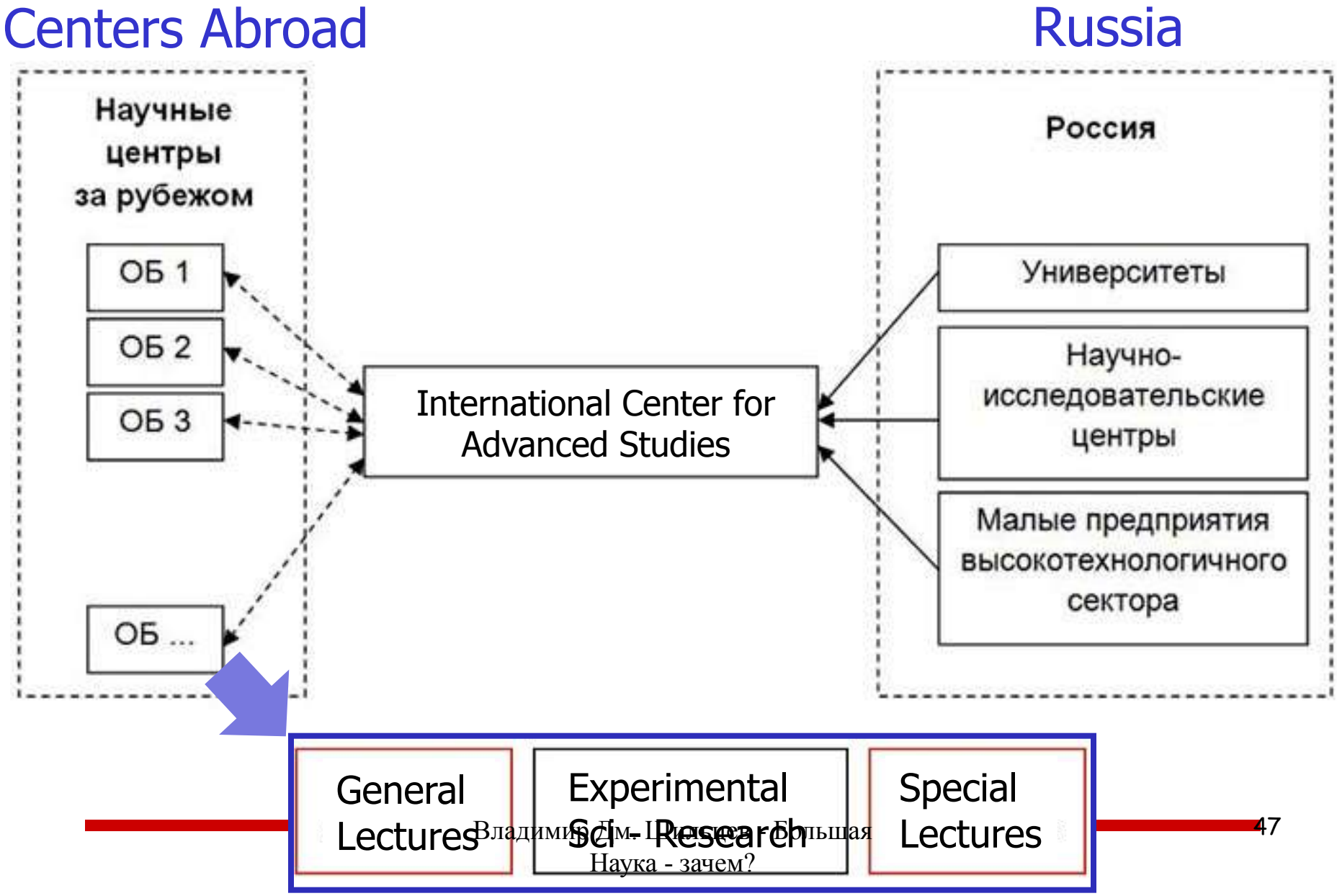
ежегодно с 1999

- Программа принимает до 10 студентов из бывш Советского Союза на 3 летних месяца (физика, инженерия, вычислительные методы)
- студенты в программе *PhD in Accelerator Physics* – 3-4 года в Фермилабе и защита в России или США

Совместный Проект RASA - МОН

- Утвежден Минобрнауки в декабре 2010
  - Hands-on training at the best Western Labs/Universities to gain experience needed for modernization of Russia
  - 100 students (40 Masters and 60 PhD students)
  - 13 “Courses” , each having lectures and research work in the lab
  - 8-12 months each, 20k$ per course
  - 2 in the US (Argonne National Lab and Fermilab), 11 in Europe
  - Ranging from biophotonics and nanotechnology to accelerators

Центр ICAS


Centers Abroad
Russia
Научные центры за рубежом
ОБ 1
ОБ 2
ОБ 3
ОБ ...
International Center for Advanced Studies
Россия
Университеты
Научно-исследовательские центры
Малые предприятия высокотехнологичного сектора
General Lectures
Experimental Sci - Research
Special Lectures

Спасибо за внимание!