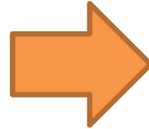


**НАНОТЕХНОЛОГИИ  
И  
НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ**

Каменный век закончился не потому, что закончились камни...



# Промышленная революция в XX веке.



Попробуем оценить размер молекулы воды.

Как это сделать? Какие ограничения нужно принять?

Международная система единиц, СИ, позволяет удобно работать с любыми величинами благодаря приставкам. Приставка перед названиями и обозначениями величин, применяется для формирования кратных и дольных единиц, отличающихся в определённое целое, которое является степенью числа 10.

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Отношение к главной единице	Наименование	Обозначение	Отношение к главной
атто	а (a)	$10^{-18}$	екса	Е (E)	$10^{18}$
фемто	ф (f)	$10^{-15}$	пета	Р (P)	$10^{15}$
пико	п (p)	$10^{-12}$	тера	Т (T)	$10^{12}$
нано	н (n)	$10^{-9}$	гига	Г (G)	$10^9$
микро	мк (m)	$10^{-6}$	мега	М (M)	$10^6$
милли	м (m)	$10^{-3}$	кило	к (k)	$10^3$
сантиметры	с (c)	$10^{-2}$	гекто	г (h)	$10^2$
деци	д (d)	$10^{-1}$	дека	да (da)	10

Международная система единиц, СИ, позволяет удобно работать с любыми величинами благодаря приставкам. Приставка перед названиями и обозначениями величин, применяется для формирования кратных и дольных единиц, отличающихся в определённое целое, которое является степенью числа 10.

Десят

Если приравнять 1 год к 1 нм, то 1 м был бы эквивалентен 1 млрд. лет. Для сравнения - Земле 4.5 млрд лет.

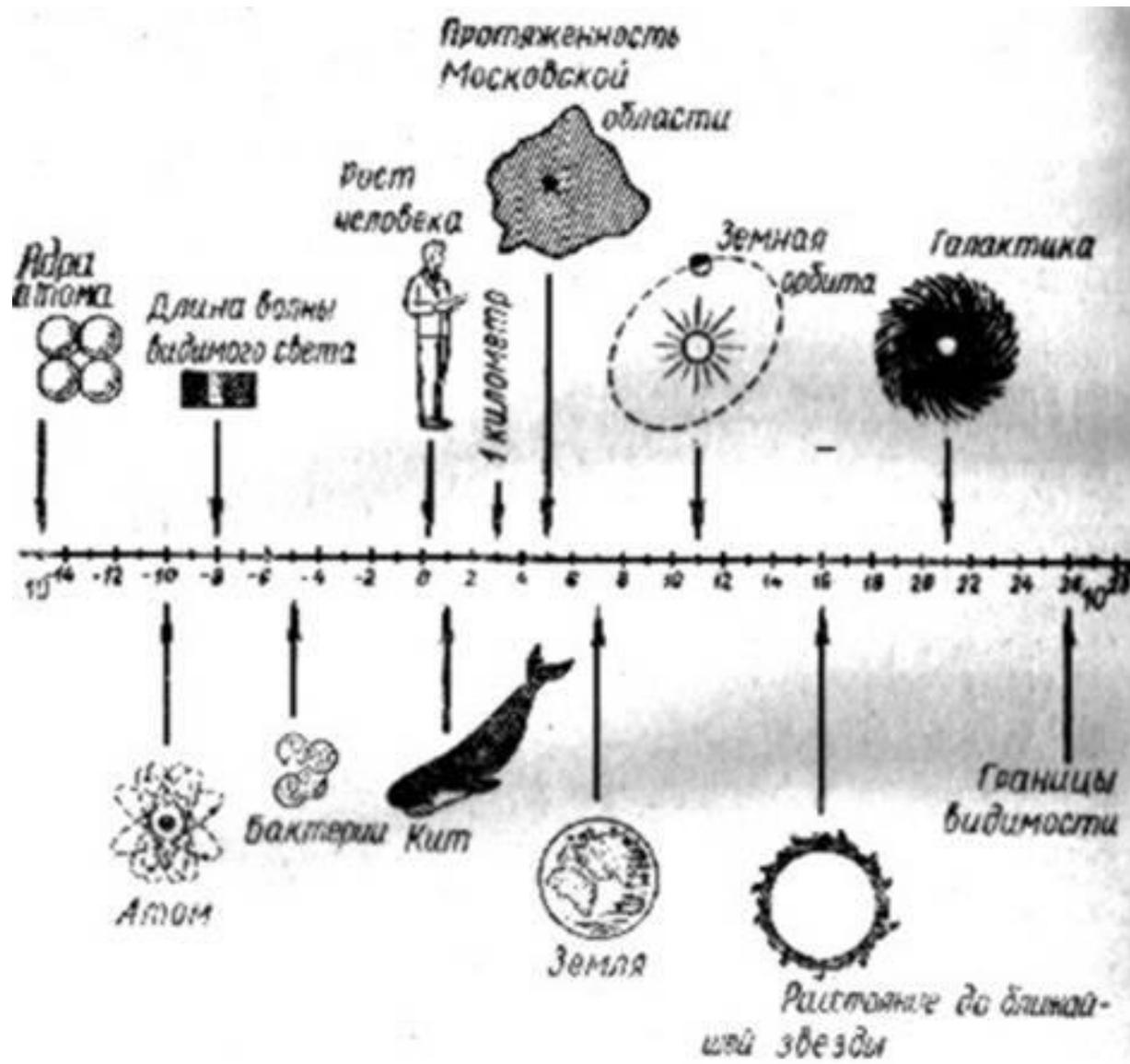
Наименование	Обозначение	Отношение к главной единице	Наименование	Обозначение	Отношение к главной
атто	а (a)	$10^{-18}$	екса	Е (E)	$10^{18}$
фемто	ф (f)	$10^{-15}$	пета	Р (P)	$10^{15}$
пико	п (p)	$10^{-12}$	тера	Т (T)	$10^{12}$
нано	н (n)	$10^{-9}$	гига	Г (G)	$10^9$
микро	мк (μ)	$10^{-6}$	мега	М (M)	$10^6$
милли	м (m)	$10^{-3}$	кило	к (k)	$10^3$
санти	с (c)	$10^{-2}$	гекто	г (h)	$10^2$
деци	д (d)	$10^{-1}$	дека	да (da)	10

Международная система единиц, СИ, позволяет удобно работать с любыми величинами благодаря приставкам. Приставка перед названиями и обозначениями величин, применяется для формирования кратных и дольных единиц, отличающихся в определённое целое, которое является степенью числа 10.

Десят

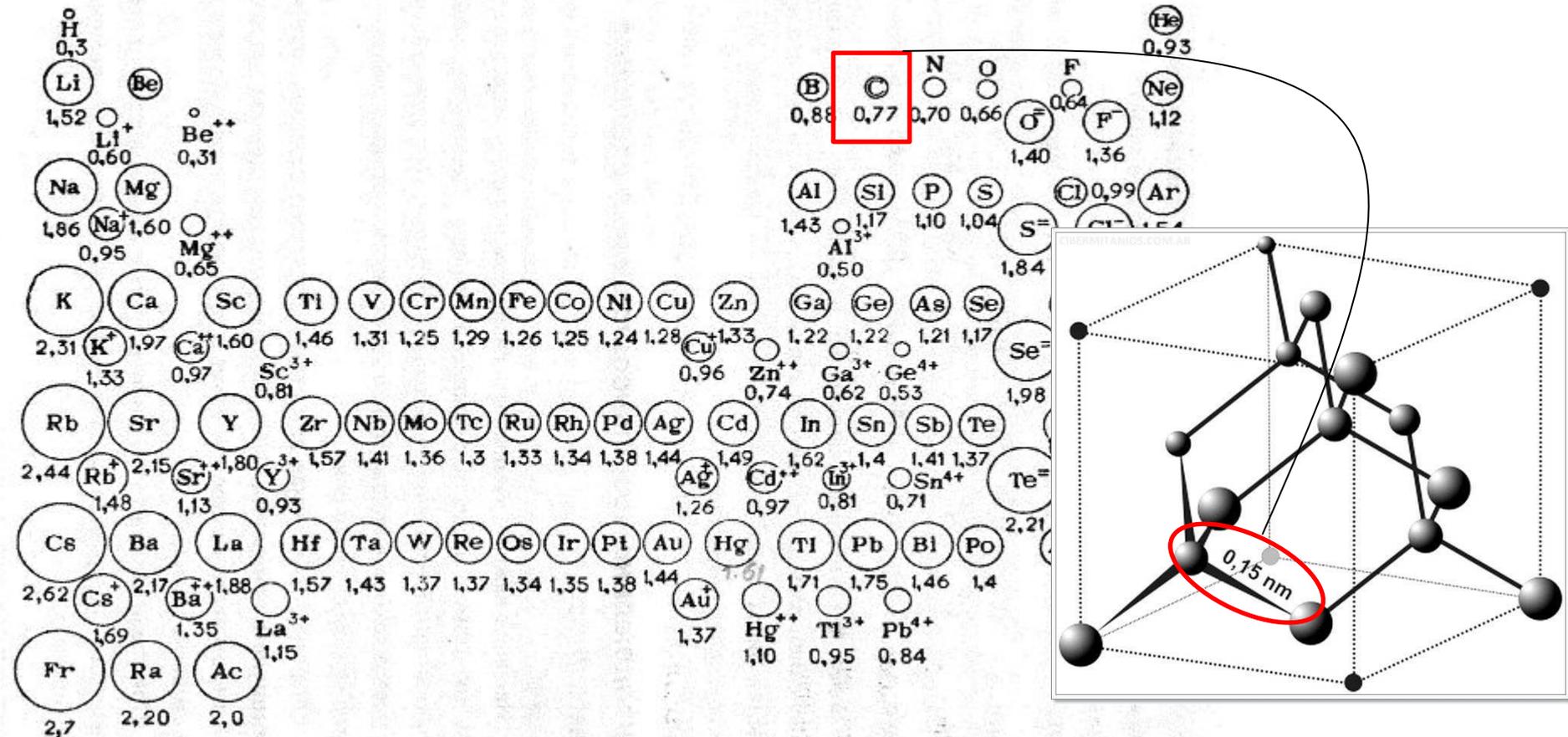
Ангстрем [ $\text{\AA}$ ] — внесистемная единица измерения длины, равная  $10^{-10}$  м ( $1 \text{\AA} = 0,1 \text{ нм} = 100 \text{ пм}$ ;  $10\,000 \text{\AA} = 1 \text{ мкм}$ ).

Наименование	Обозначение	Отношение к главной единице	Наименование	Обозначение	Отношение к главной
атто	а (a)	$10^{-18}$	екса	Е (E)	$10^{18}$
фемто	ф (f)	$10^{-15}$	пета	Р (P)	$10^{15}$
пико	п (p)	$10^{-12}$	тера	Т (T)	$10^{12}$
нано	н (n)	$10^{-9}$	гига	Г (G)	$10^9$
микро	мк (μ)	$10^{-6}$	мега	М (M)	$10^6$
милли	м (m)	$10^{-3}$	кило	к (k)	$10^3$
сантиметры	с (c)	$10^{-2}$	гекто	г (h)	$10^2$
деци	д (d)	$10^{-1}$	дека	да (da)	10



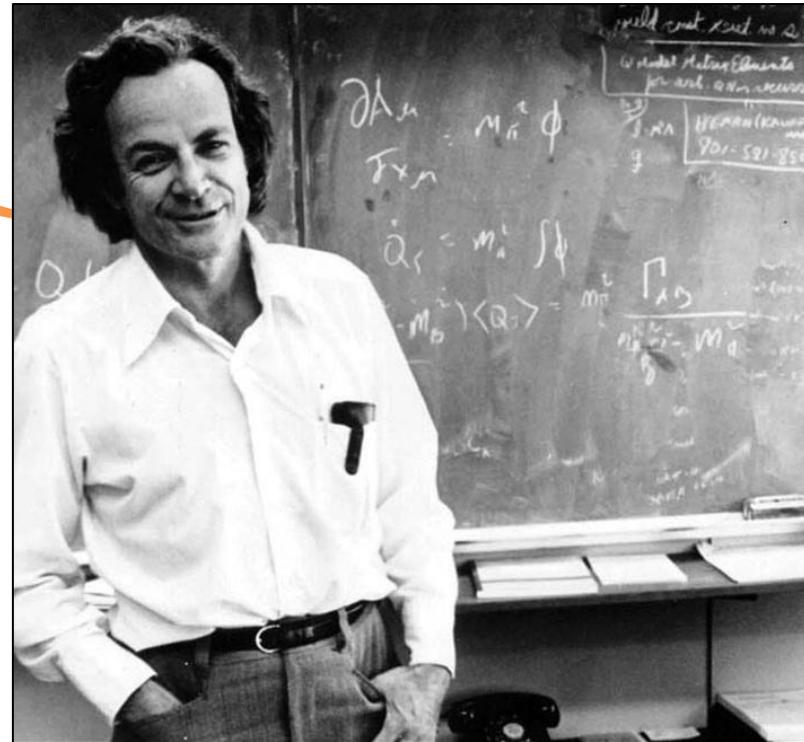
# Ковалентные размеры атомов. В ангстремах.

Ангстрем [Å] — внесистемная единица измерения длины, равная  $10^{-10}$  м ( $1 \text{ Å} = 0,1 \text{ нм} = 100 \text{ пм}$ ;  $10\,000 \text{ Å} = 1 \text{ мкм}$ ).



«Там, внизу, полно места!»

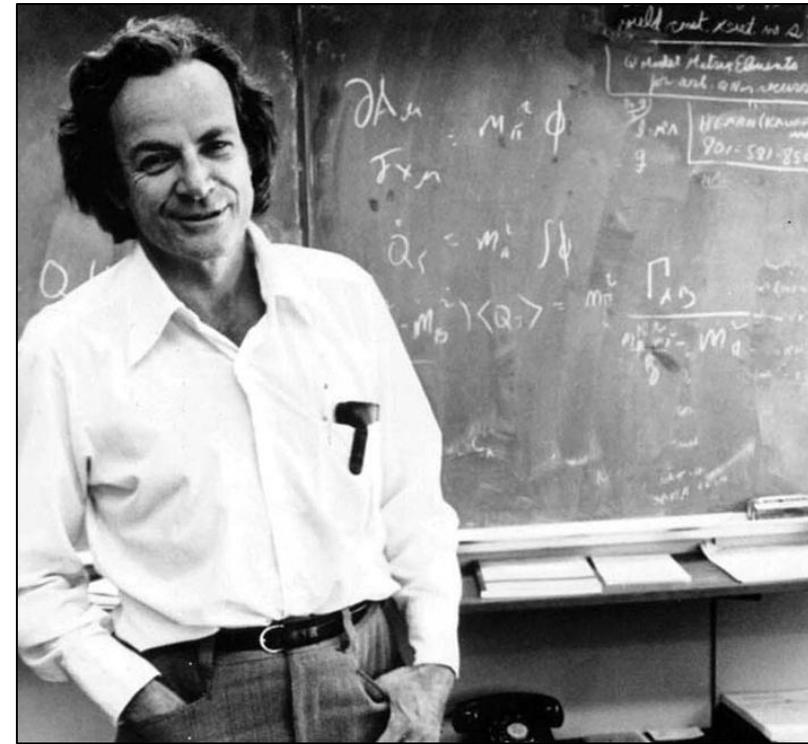
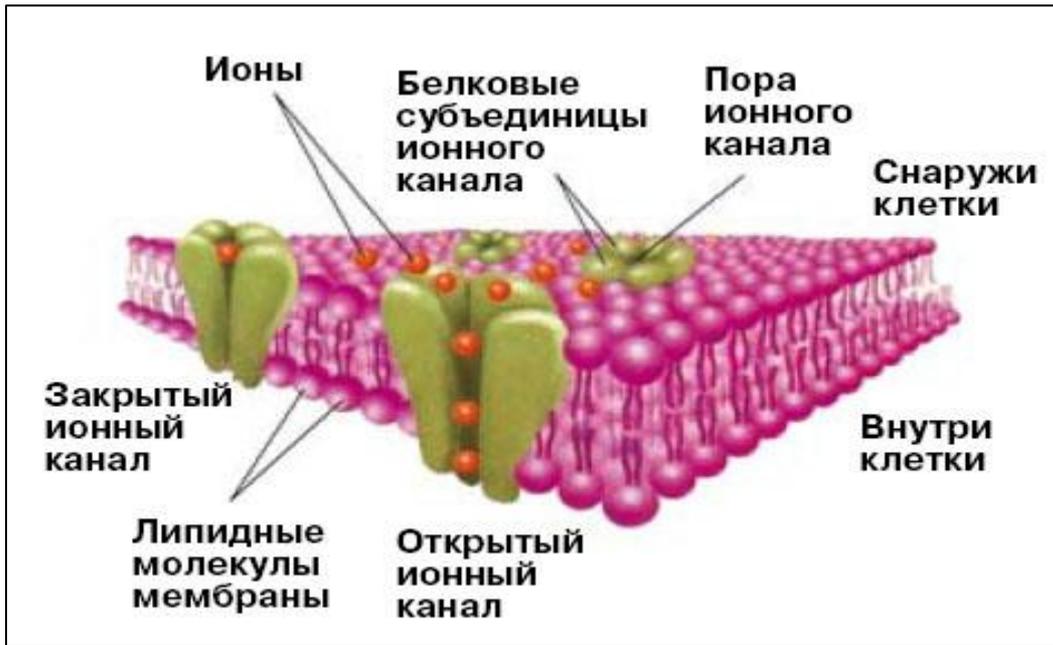
**Ричард Фейнман** - американский учёный, работавший в области квантовой физики. Основные достижения относятся к области теоретической физики. Один из создателей квантовой электродинамики. Разработал называемый метод диаграмм Фейнмана (1949) в квантовой теории поля, с помощью которых можно объяснять превращения элементарных частиц. Нобелевский лауреат по физике в 1965 году.



Ричард Филлипс Фейнман  
(1918 — 1988)

«...тогда Фейнман сказал, что когда-нибудь, например, в 2000 г., люди будут удивляться тому, почему ученые первой половины XIX века, проскочили этот нанодиапазон размеров, сконцентрировав все свои усилия на изучении атома и атомного ядра.»

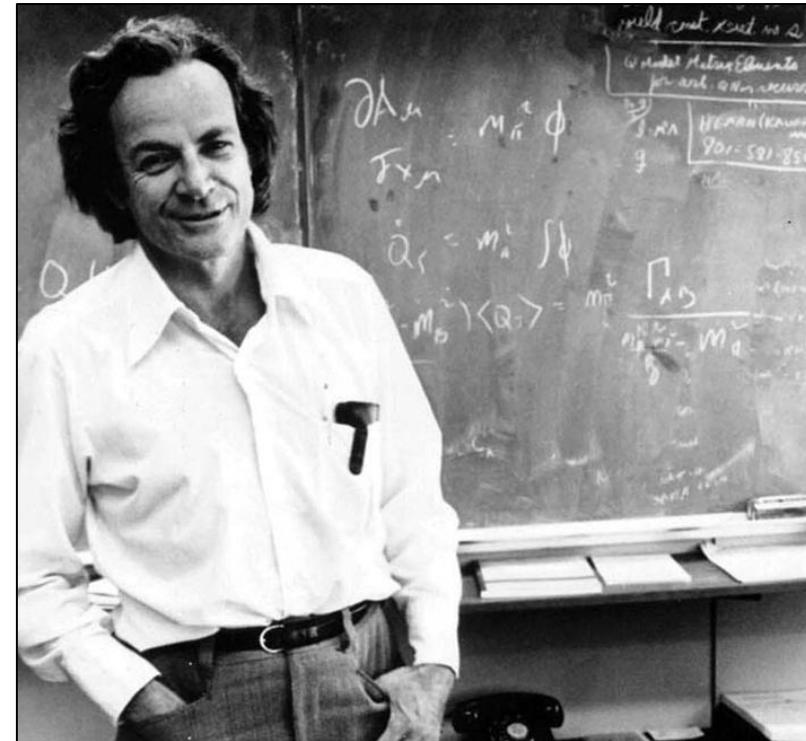
«Там, внизу, полно места!»



Ричард Филлипс Фейнман  
(1918 — 1988)

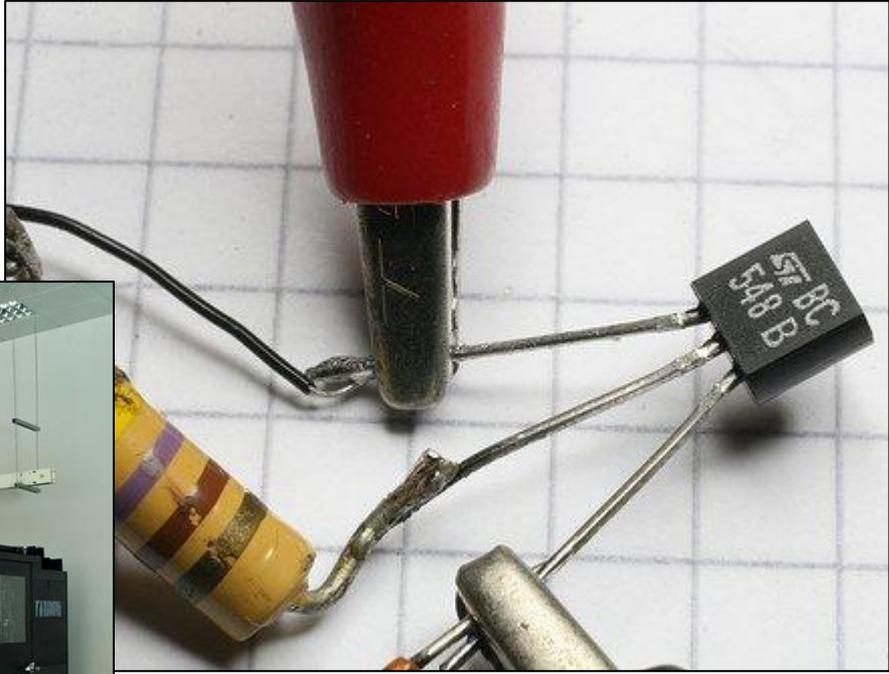
«...тогда Фейнман сказал, что когда-нибудь, например, в 2000 г., люди будут удивляться тому, почему ученые первой половины XIX века, проскочили этот нанодиапазон размеров, сконцентрировав все свои усилия на изучении атома и атомного ядра.»

«Если, например, **диаметр** соединяющих проводов будет составлять от **10 до 100 атомов**, то размер любой **схемы не будет превышать** нескольких **тысяч ангстрем**. Каждый, кто связан с компьютерной техникой, знает о тех возможностях, которые обещает ее развитие и усложнение. Если число используемых элементов возрастет в миллионы раз, то возможности компьютеров существенно расширятся. Они научатся рассуждать, анализировать опыт и рассчитывать собственные действия, находить новые вычислительные методы и т. п. Рост числа элементов приведет к важным качественным изменениям характеристик ЭВМ.»

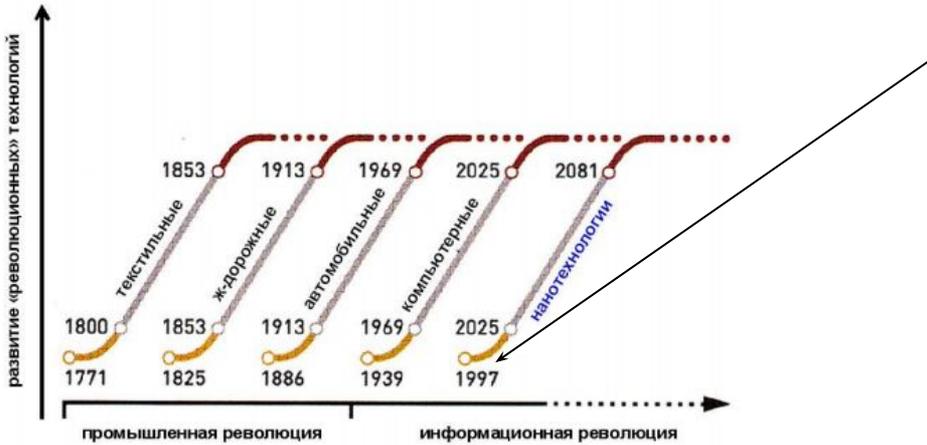


Ричард Филлипс Фейман  
(1918 — 1988)

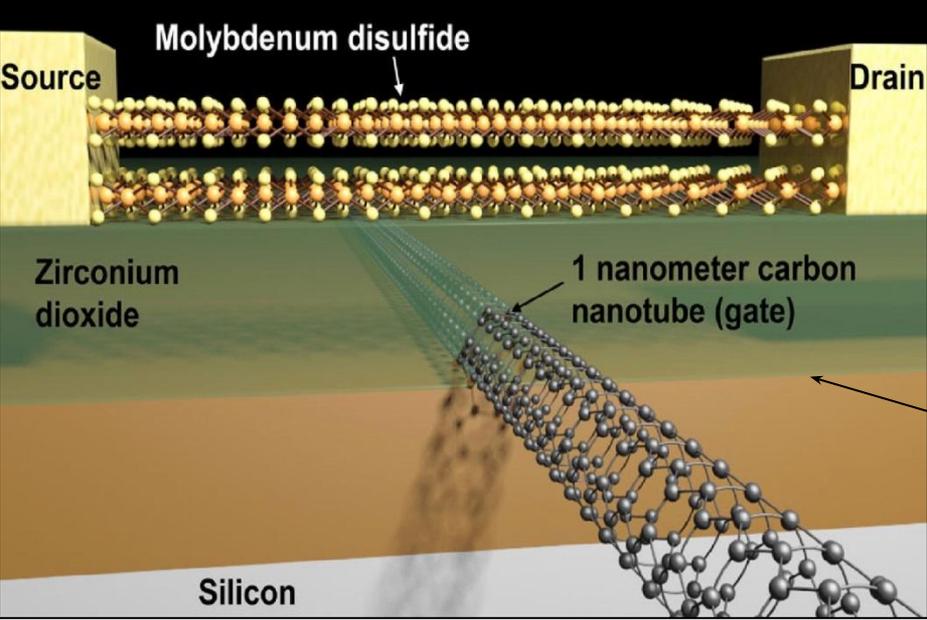
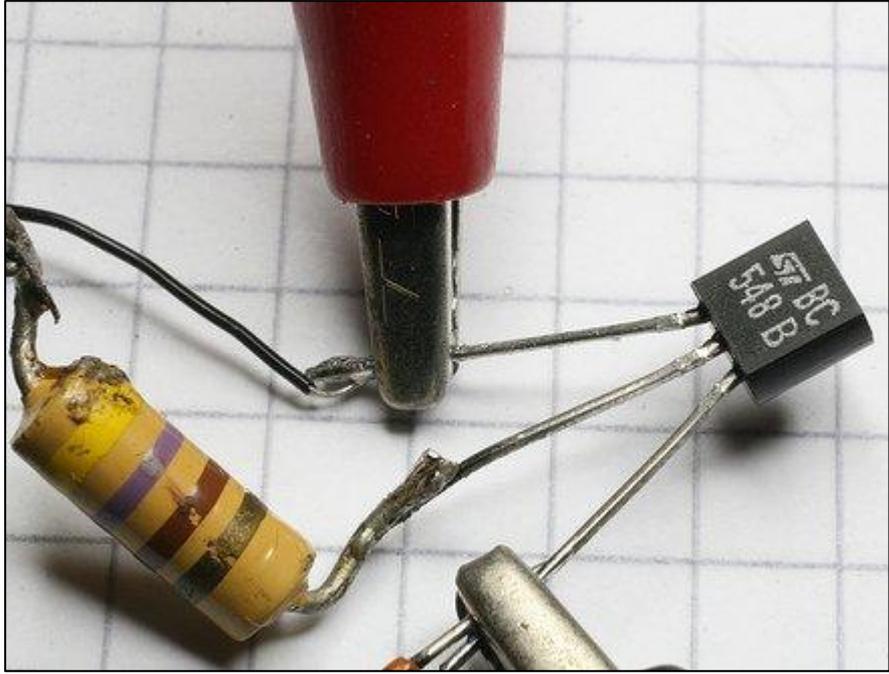
Мы где-то здесь. И самый маленький транзистор доступный общественности имеет размеры примерно  $10^{-7}$ м.



Суперкомпьютер «Ломоносов», МГУ

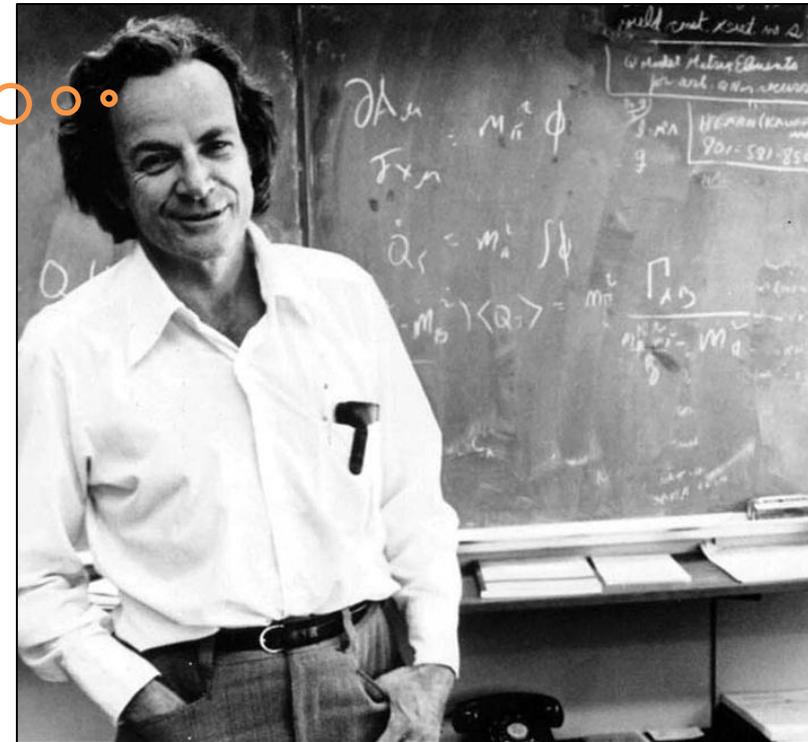


Мы где-то здесь. И самый маленький транзистор доступный общественности имеет размеры примерно  $10^{-7}$  м.



Но мы уже умеет создавать транзисторы наноразмеров.

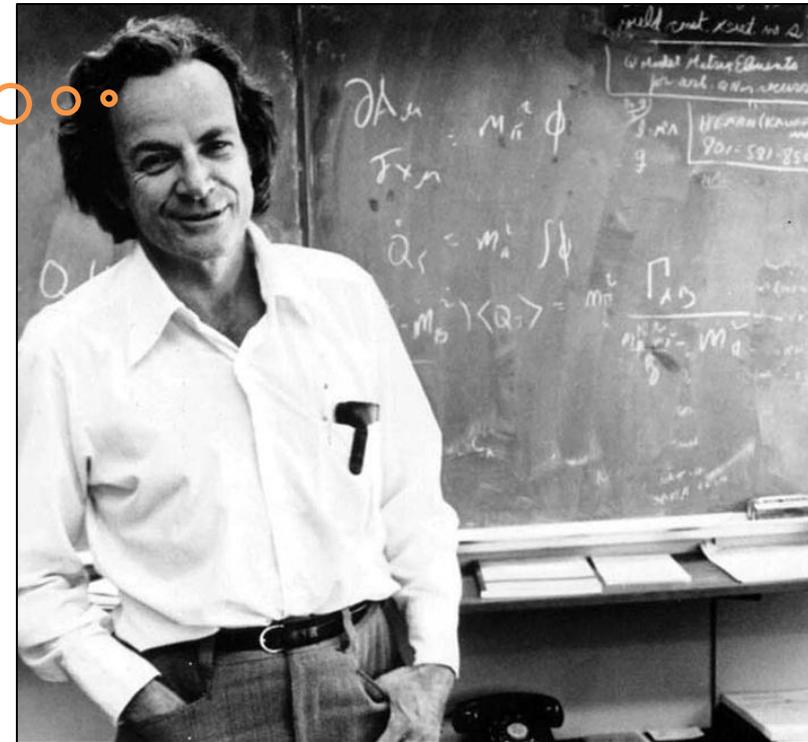
А с другой стороны...



Ричард Филлипс Фейман  
(1918 — 1988)

Попробуем собрать микромашину, т.е. машину с длиной 1 мм.  
Детали обычной (ок. 4 м) машины делают с точностью  $10^{-5}$  м, то детали микроавтомобиля нужно будет делать с точностью...

А с другой стороны...



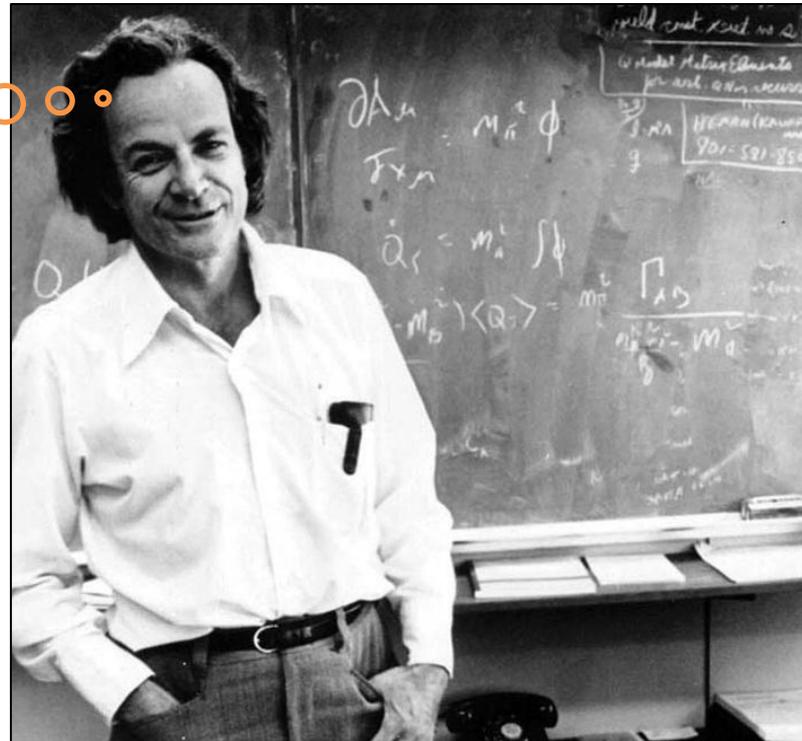
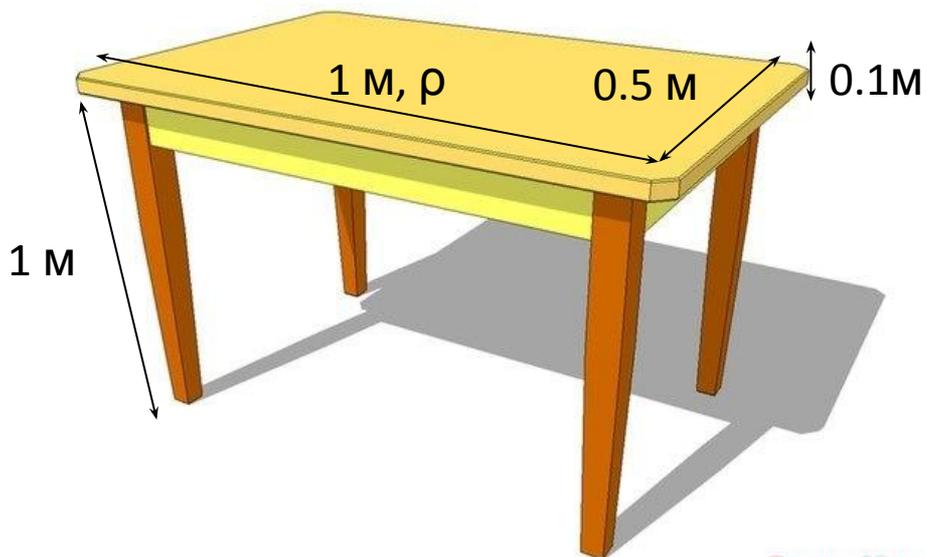
Ричард Филлипс Фейман  
(1918 — 1988)

Попробуем собрать микромашину, т.е. машину с длиной 1 мм.

Детали обычной (ок. 4 м) машины делают с точностью  $10^{-5}$  м, то детали микроавтомобиля нужно будет делать с точностью в 4000 раз выше, т.е.  $2,5 * 10^{-9}$  м

Но в наном мире, на самом деле, очень круто!

Возьмём стол, его плохо сконструировали и он может выдержать только свою столешницу.



Ричард Филлипс Фейман  
(1918 — 1988)

