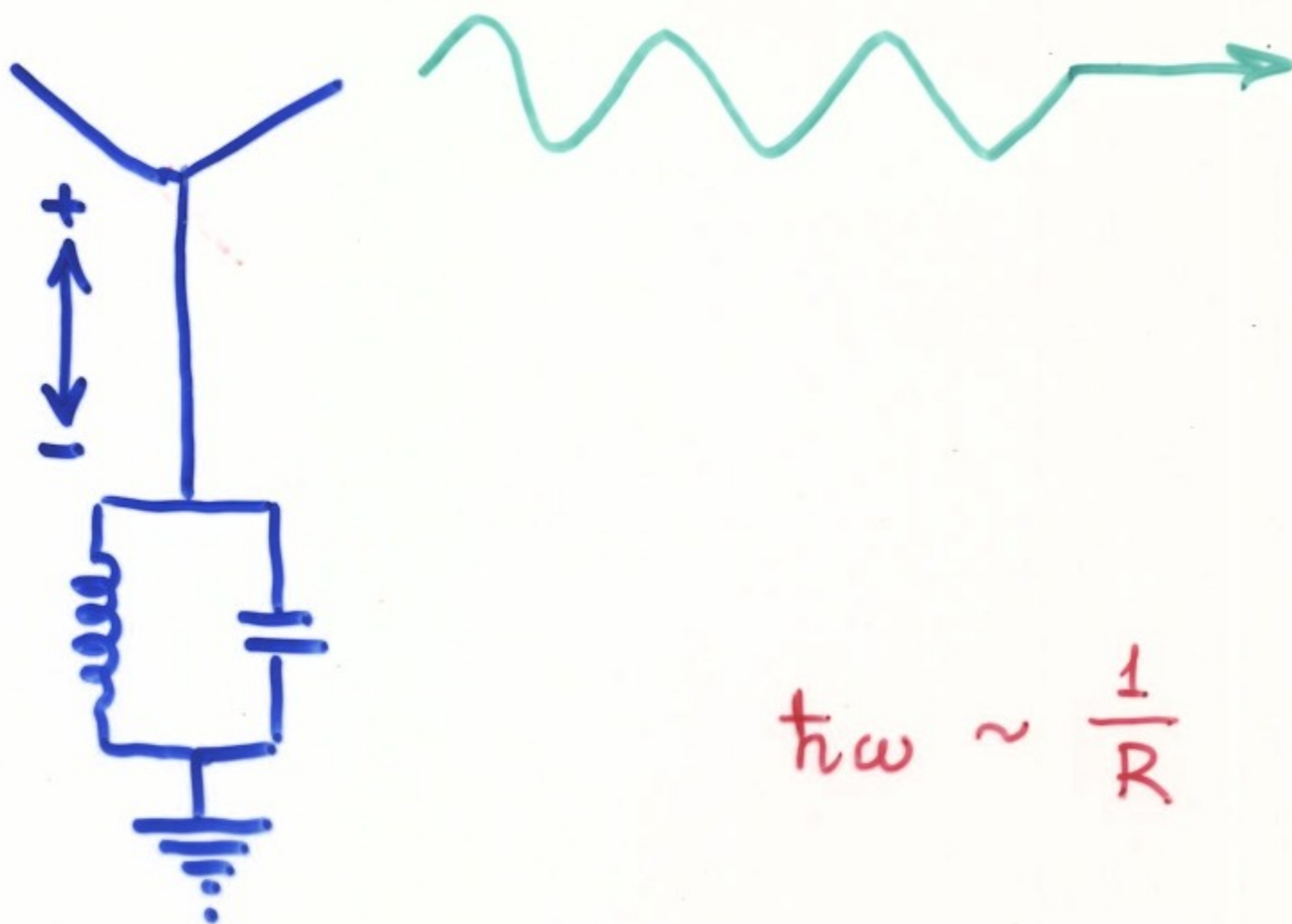


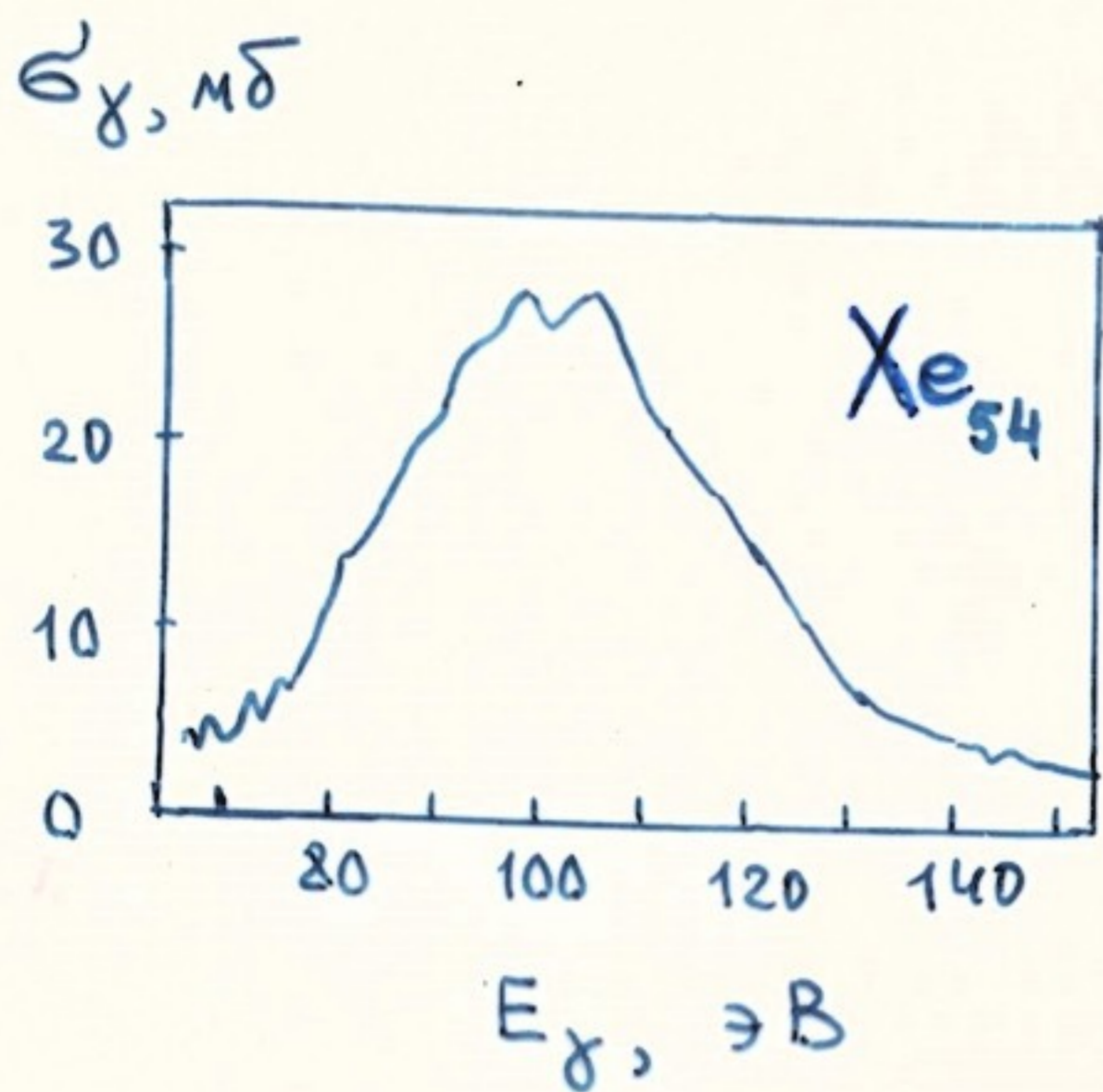
# Гигантский дипольный резонанс в неядерных микросистемах

1. Атомы.
2. Металлические кластеры.
3. Фуллерены.



$$\hbar\omega \sim \frac{1}{R}$$

# АТОМЫ



$$\hbar\omega \sim \frac{1}{R}$$

ядро Хе(ксенон):  $R_{\text{ядро}} \approx (132)^{1/3} \text{ фм} \approx 5 \cdot 10^{-13} \text{ см.}$

атом Хе(ксенон):  $R_{\text{атом}} \approx 10^{-8} \text{ см}$

$(\hbar\omega)_{\text{ядро Хе}} \approx 15 \text{ МэВ} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ эВ.}$

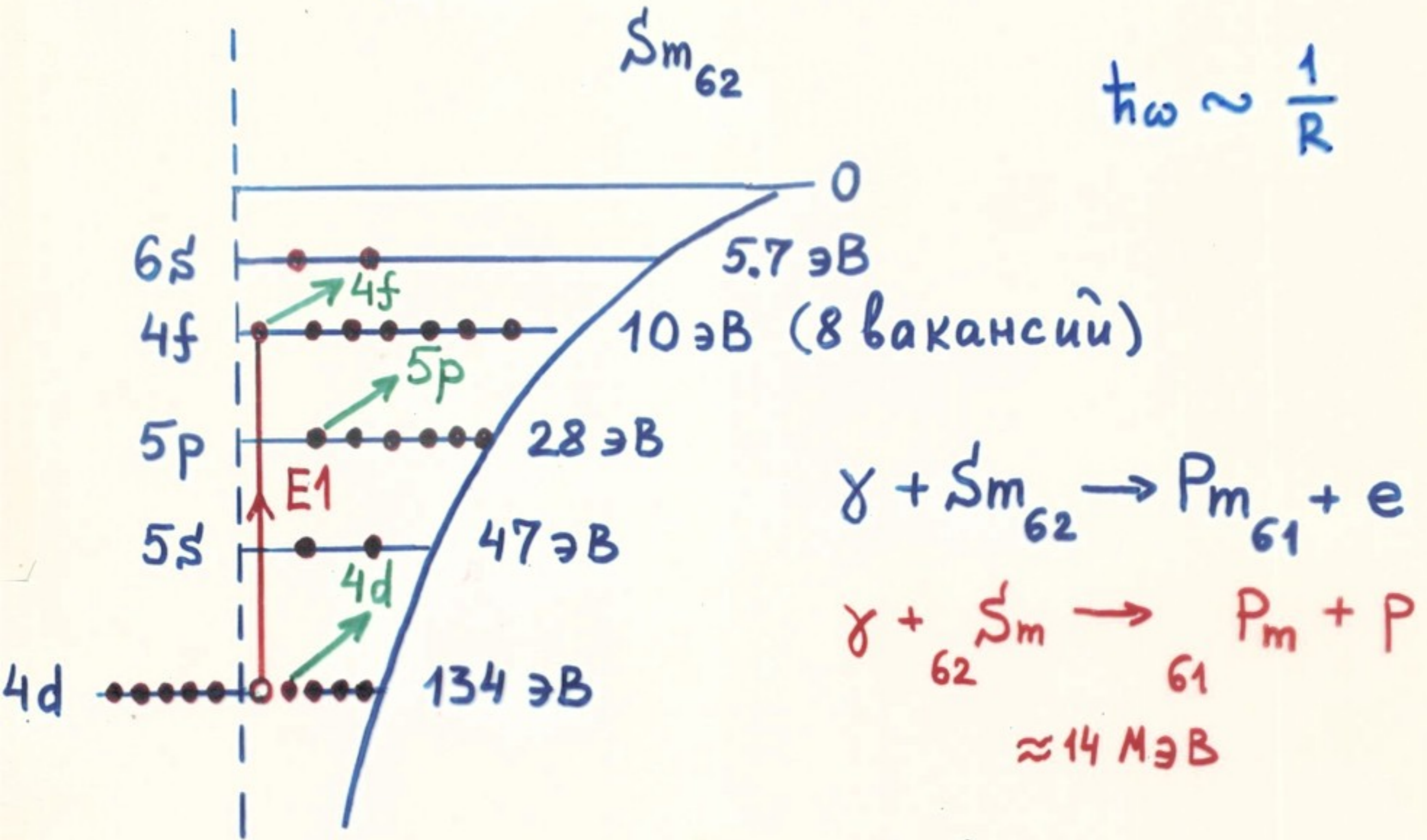
$(\hbar\omega)_{\text{атом Хе}} \approx 100 \text{ эВ.}$

$$\left( \frac{R_{\text{ядро}}}{R_{\text{атом}}} \right)_{\text{Хе}} \approx \left( \frac{\hbar\omega_{\text{атом}}}{\hbar\omega_{\text{ядро}}} \right)_{\text{Хе}}$$

$$\frac{5 \cdot 10^{-13} \text{ см}}{10^{-8} \text{ см}} \approx \frac{10^2 \text{ эВ}}{1,5 \cdot 10^7 \text{ эВ}}$$

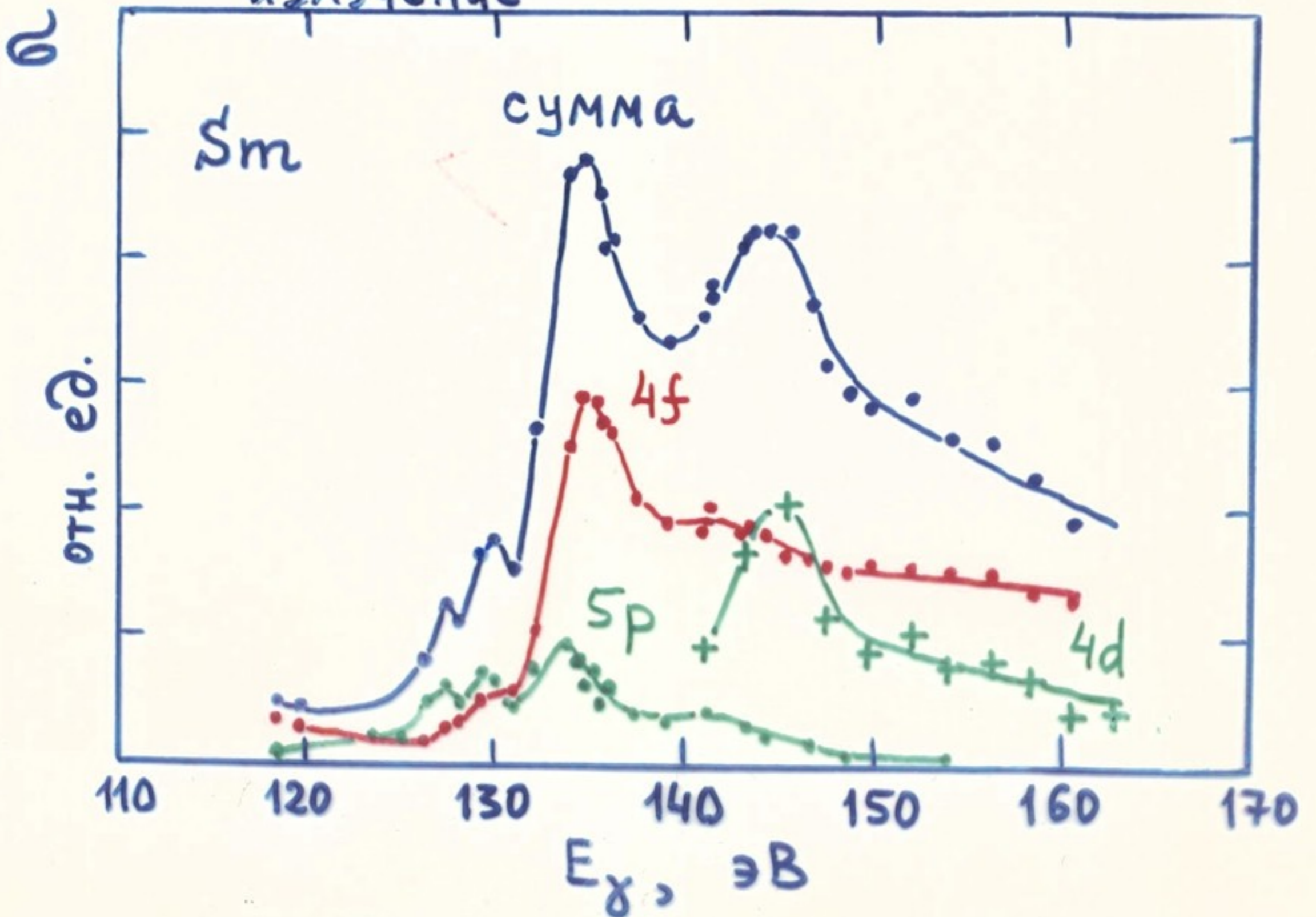
$$5 \cdot 10^{-5} \approx 0,7 \cdot 10^{-5}$$

# Гигантский дипольный (E1) резонанс в атомах



синхротронное излучение

DESY 1985



# Металлические кластеры

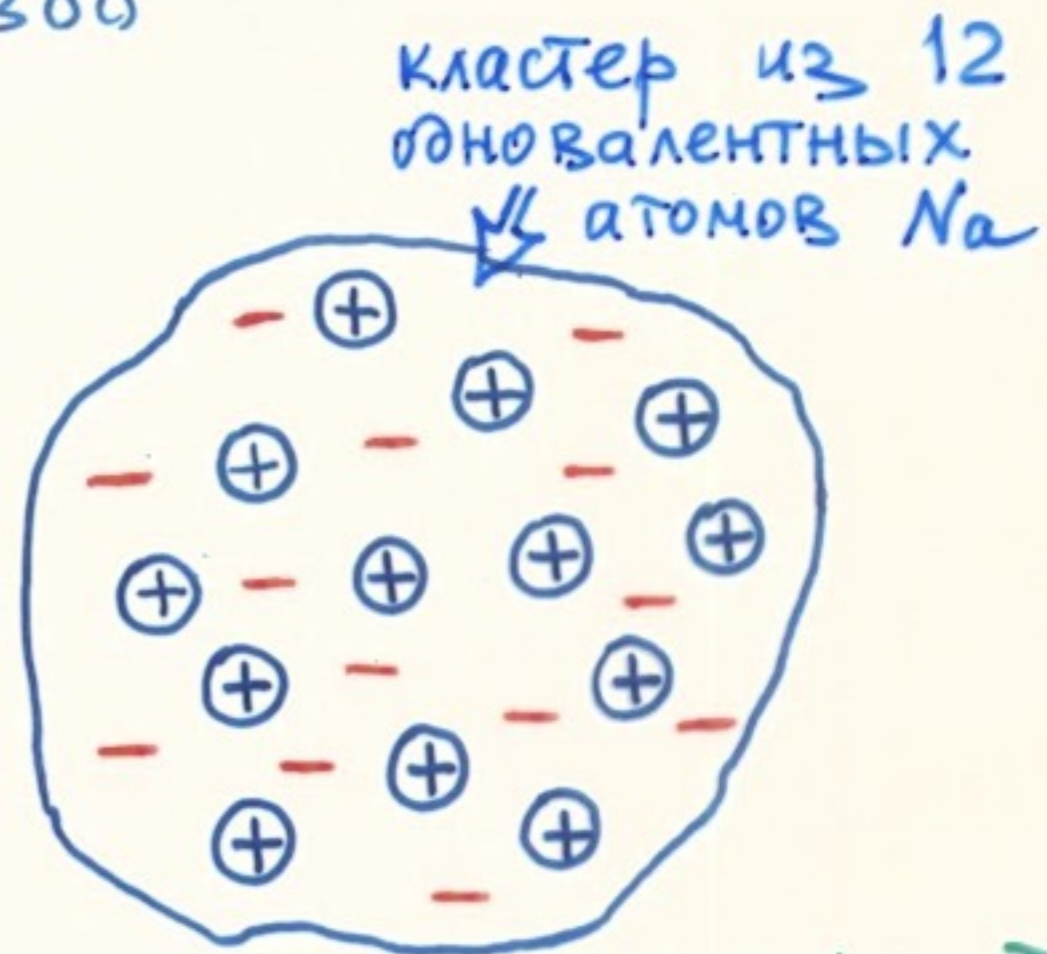
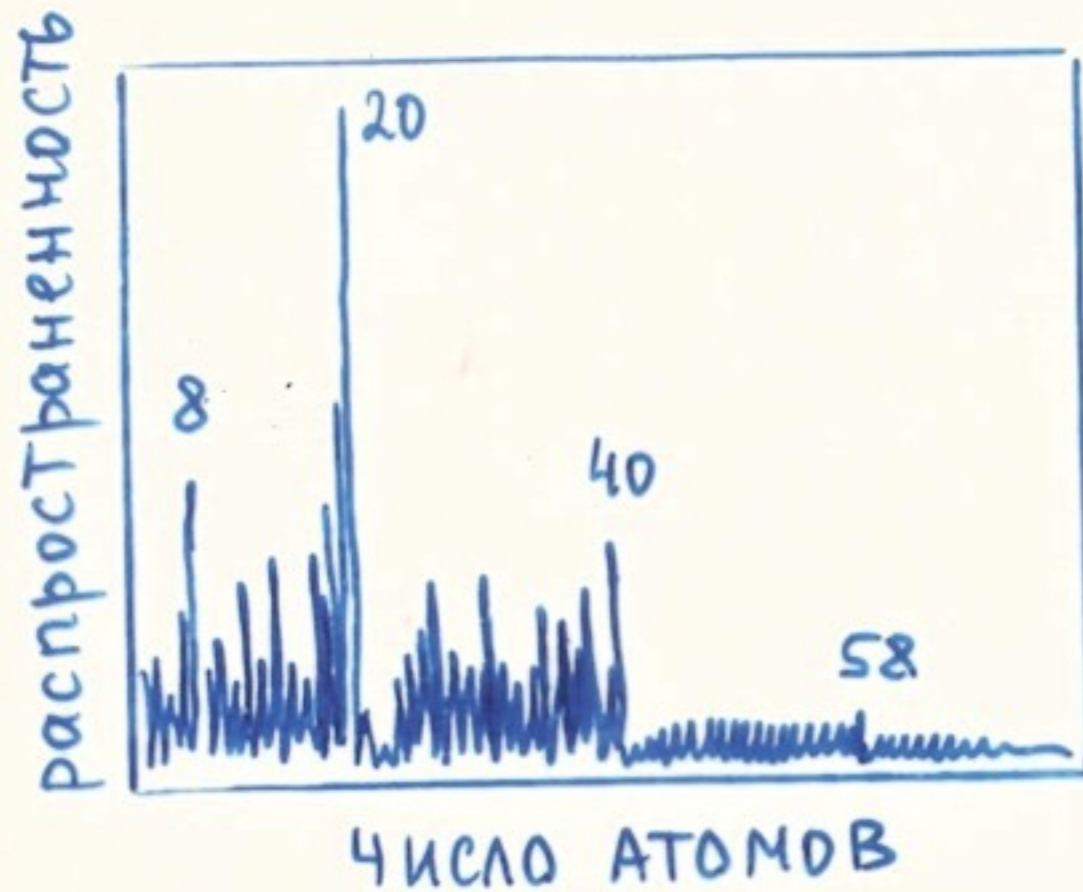
W. D. Knight et al (1984)

это связанные <sup>счётного числа</sup> атомы металлов  
(щелочных, благородных и др.)

это система валентных электронов в поле заряженных ионов. Нелокализованные в пространстве электроны.

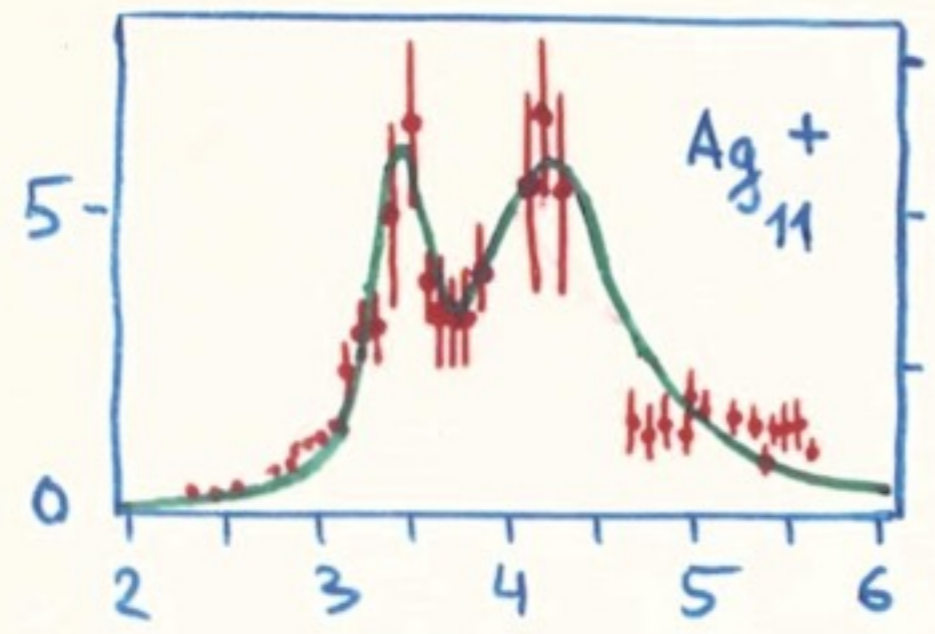
Оболочки! Полужены магические числа вплоть

до 21300

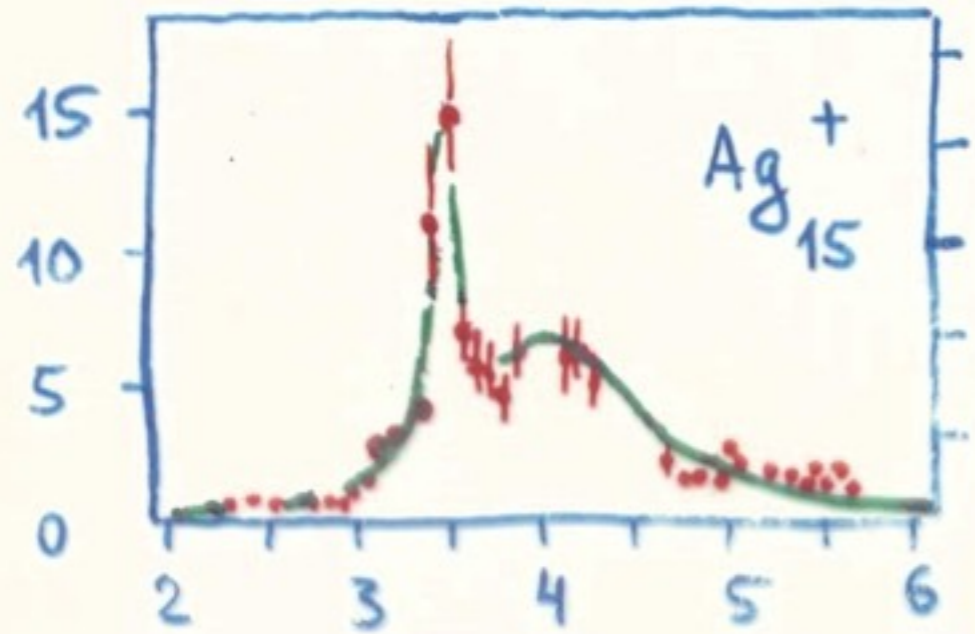


число атомов в кластере от  
нескольких до  $\approx 10^5$ . Это  
малая металлическая капля.

$\sigma, 10^{-16} \text{ cm}^2$



$\text{Ag}_{11}^+$



$\text{Ag}_{15}^+$

$E_\gamma, \text{ eV}$

E1-резонанс для деформированных кластеров  $\text{Ag}_{11}^+$  и  $\text{Ag}_{15}^+$

—

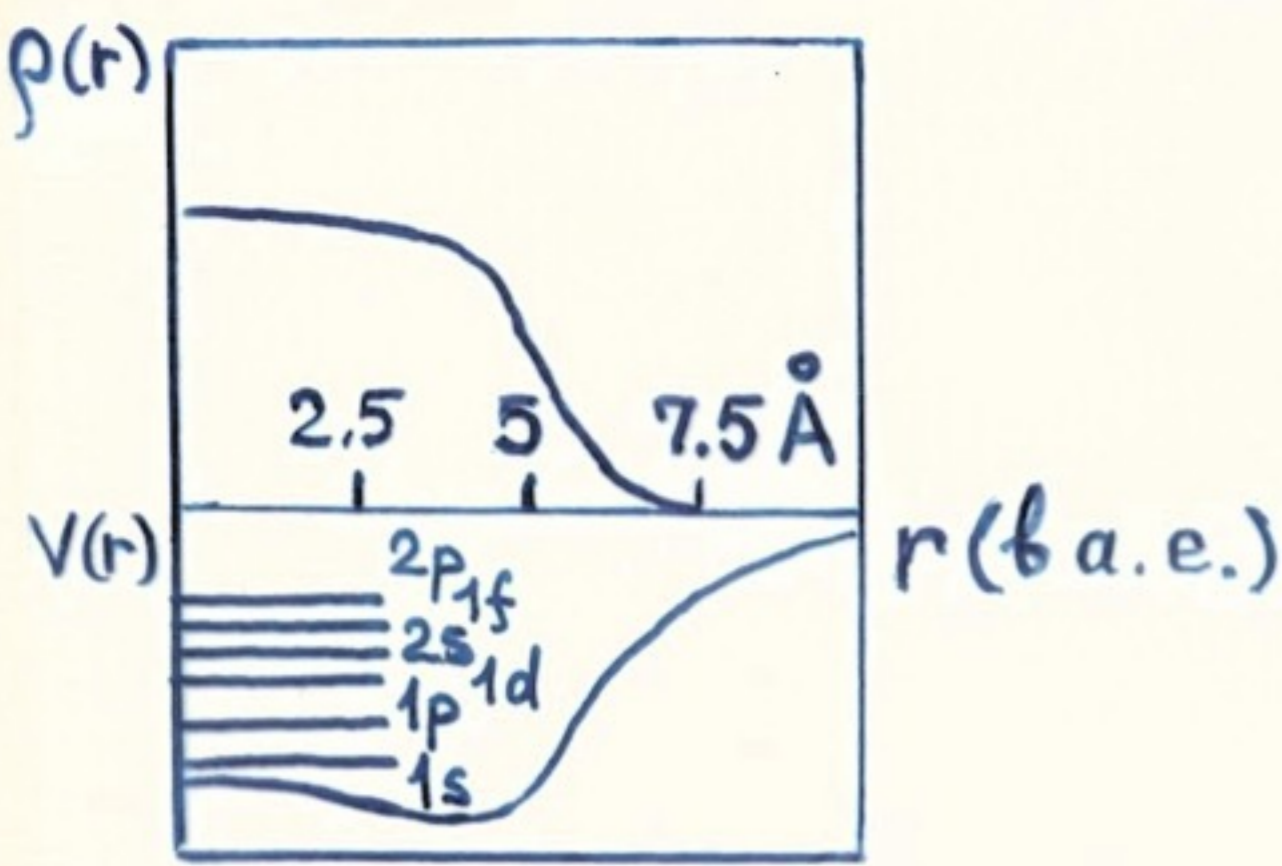
теория

♦ ♦ ♦

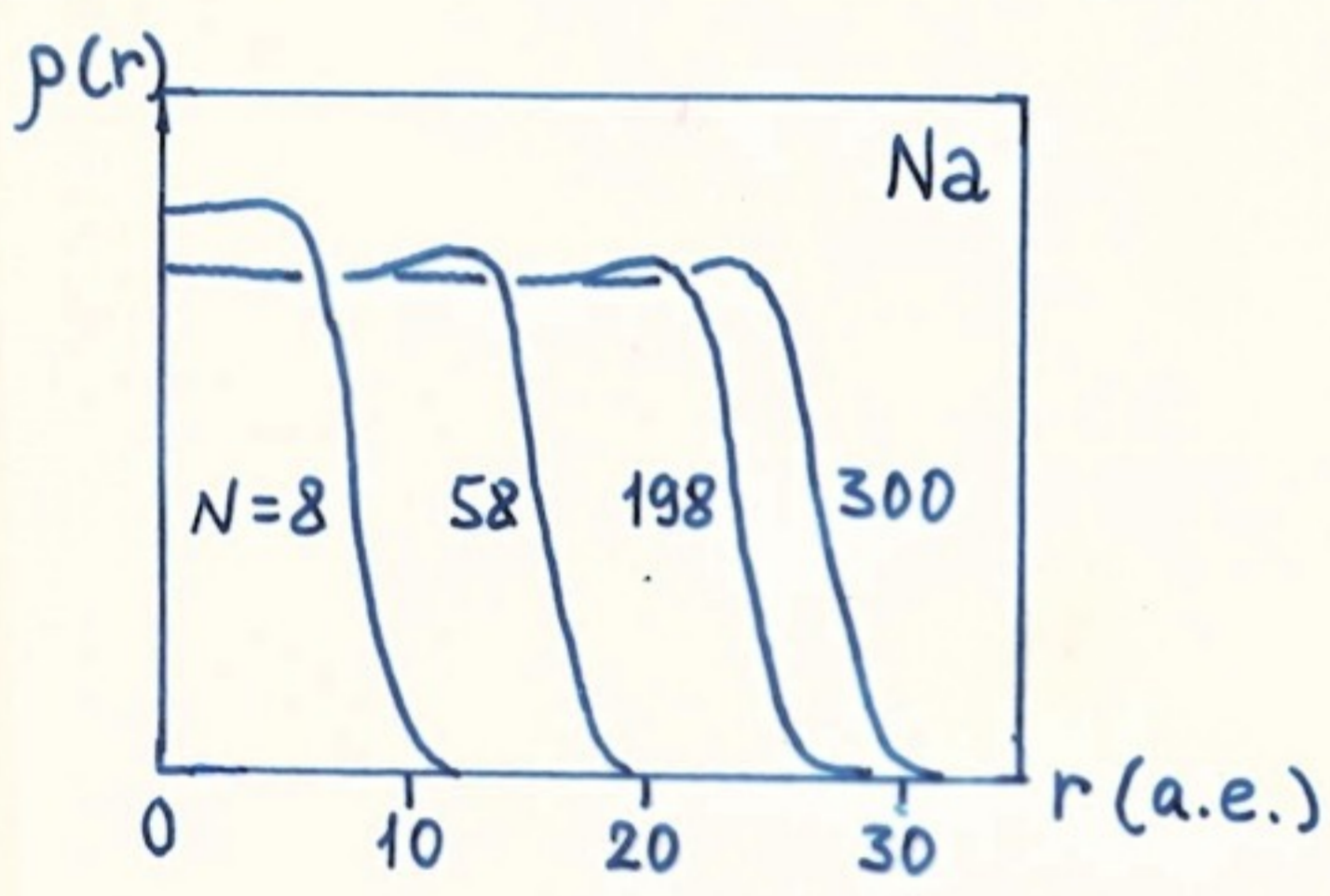
эксперимент (1992)

$$R_{\text{я}} = r_0 \cdot A^{1/3} = 1.2 A^{1/3} \text{ фм}$$

$$R_{\text{МК}} = 2.07 \cdot N^{1/3} \text{ \AA}$$



Магические числа  
в кластерах Na



- 2
- 8
- 20
- 40
- 58
- 92
- 138
- 196
- 264
- 344
- 442
- 554
- 680
- 800
- 970
- 1120
- 
- 1310
- 1500
- 1780
- 2040
- 2370
- 2720
- ⋮
- ⋮

Аналогия:  
(металлический кластер) ↔ (атомное ядро)

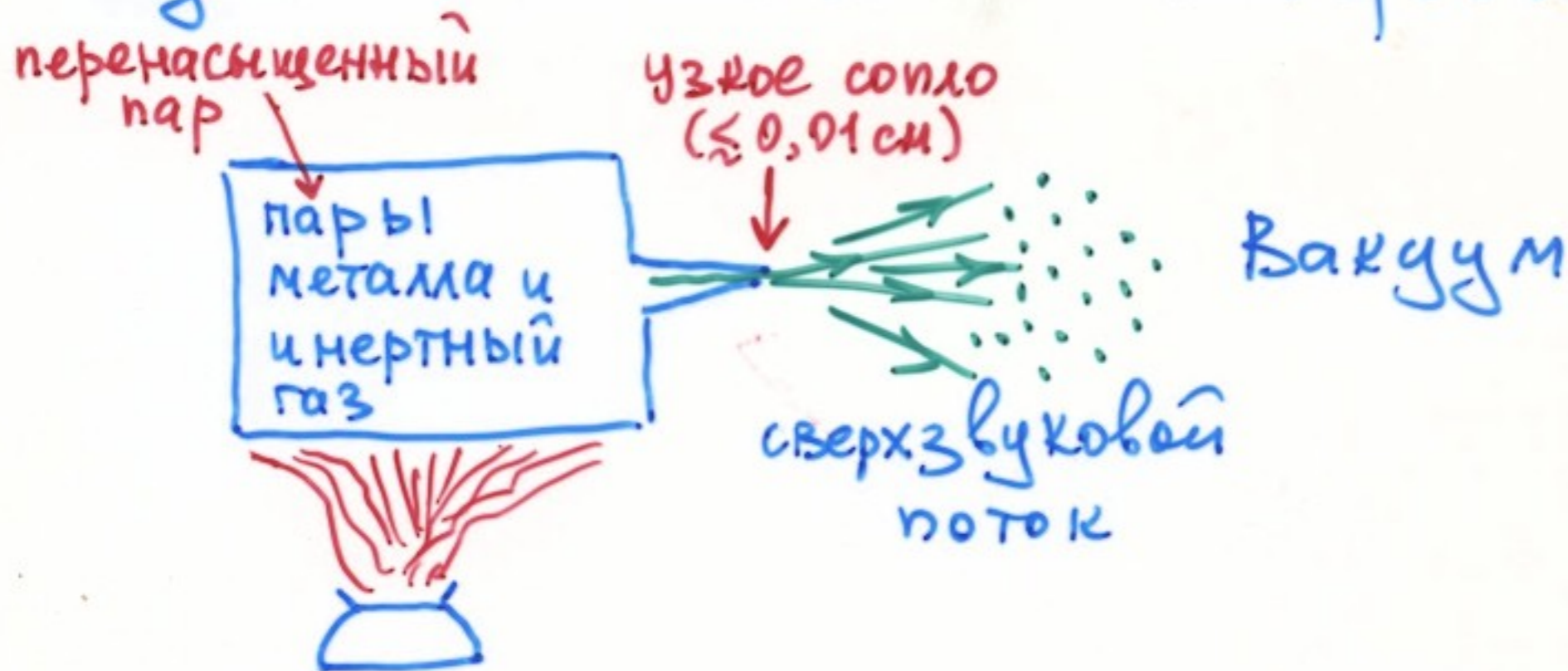
1. Валентные электроны в МК и нуклоны в ядре почти свободны в общем поле.
2. Плотность почти не меняется с ростом числа частиц.
3. Большую роль играют поверхностные эффекты.
4. Имеет место квадратичная деформация в случае незаполненных оболочек.

Исследуются металлические кластеры с числом атомов до 3000. Известны кластеры с числом атомов до  $\approx 20000$ . Возникла уникальная возможность для изучения непрерывного перехода от одного атома к объёмному твёрдому телу, т.е. перехода от квантового объекта к классическому. Обнаружены супероболочки.

Обнаружены:

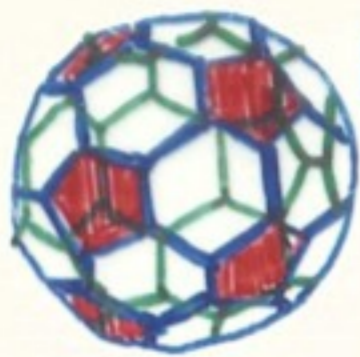
1. Оболочки, супероболочки.
2. Спонтанное деление.
3. Гигантский дипольный резонанс.
4. Деформация.

Получение металлических кластеров:



# Fullerenes

B. Fuller (1985)

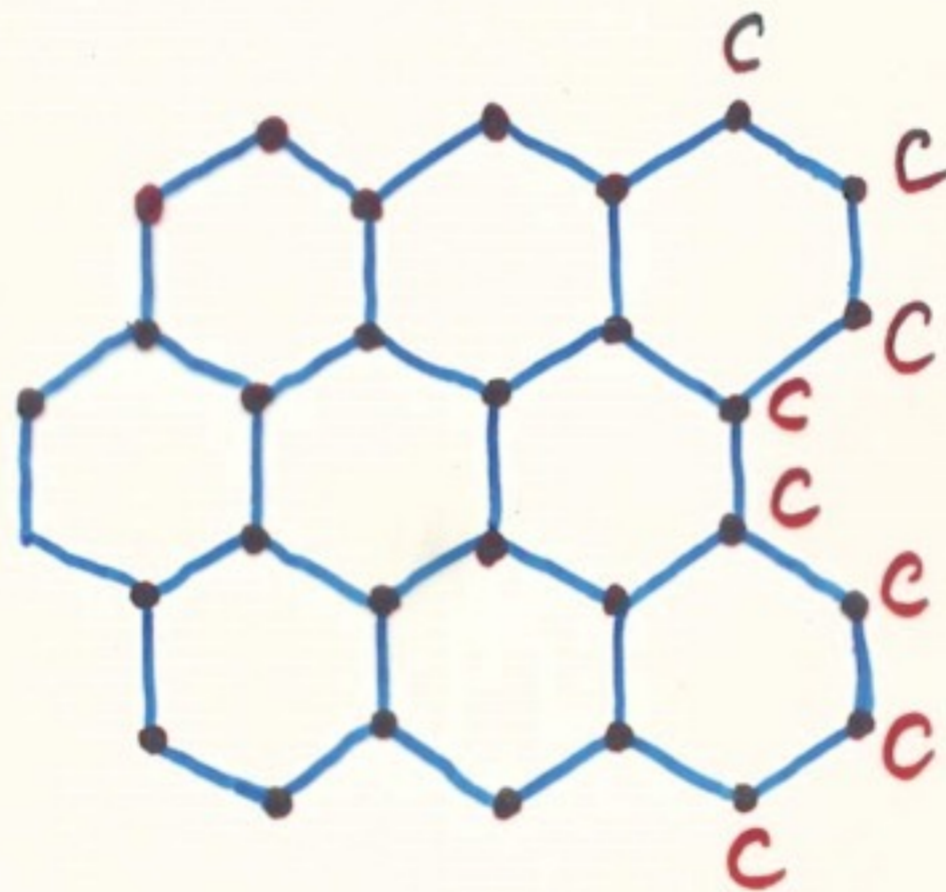


60

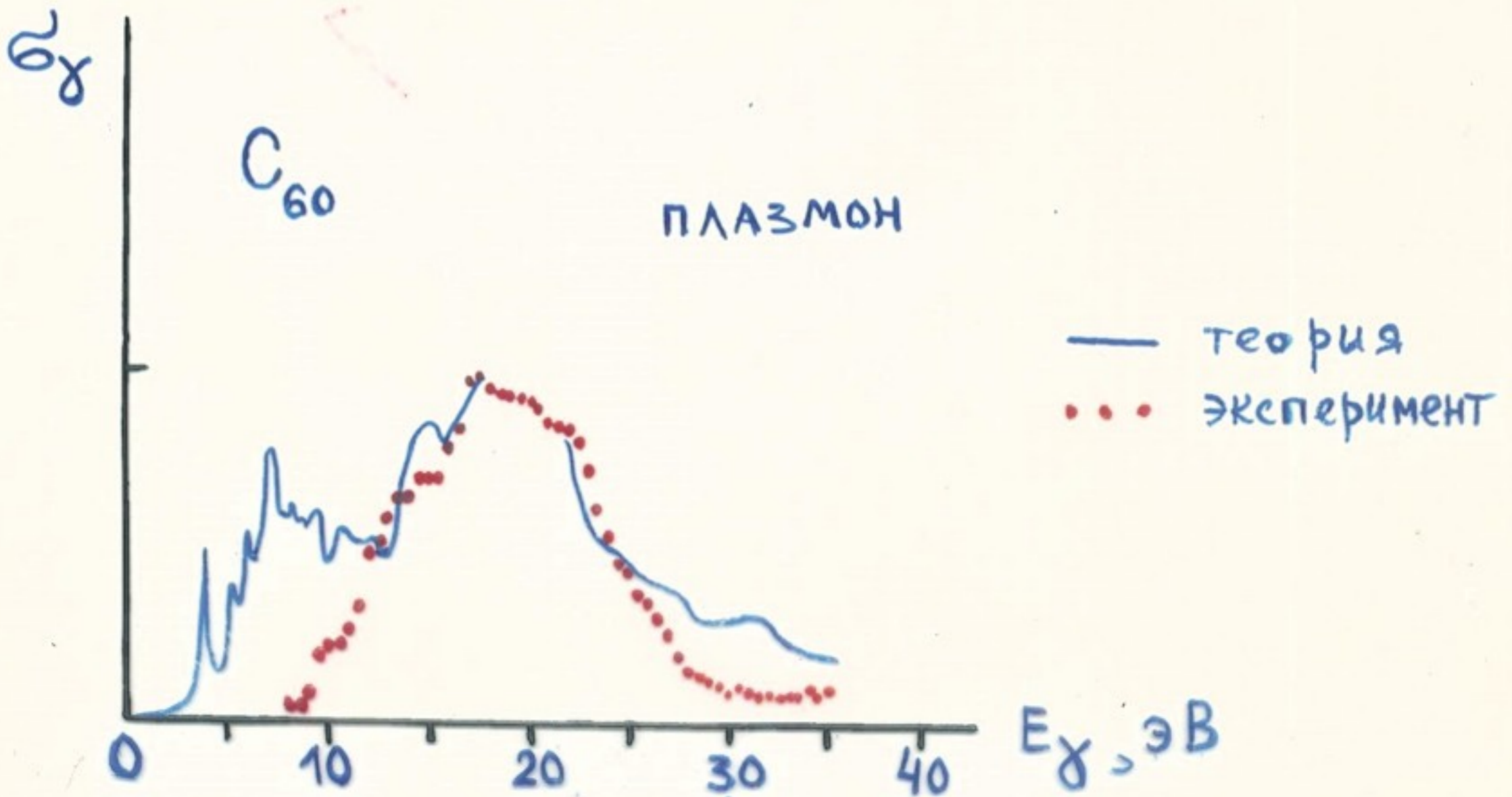
типа "футбольного мяча"  
(12 ПЯТИ УГОЛЬНИКОВ + 20 ШЕСТИ УГОЛЬНИКОВ)



$$12 = 3 \cdot n_3 + 2n_4 + 1 \cdot n_5 + 0 \cdot n_6 - 1 \cdot n_7 - 2n_8 - \dots$$



Слой  
Графита





## Фуллерены

Молекулярные формы углерода, в которых атомы расположены в вершинах правильных шести- и пятиугольников. Молекулы содержат 28, 32, 50, 60, 70, 76 и т.д. атомов (специальные магические числа замкнутой геометрии ионной решетки). Особая стабильность  $C_{60}$  - сфера, полая внутри.

Фуллерены открыты в 1985 г. и названы по имени американского архитектора Бакминстера Фуллера, создававшего куполы зданий в форме фуллеренов.

1990 г. создана технология получения фуллеренов в макроскопических количествах:

дуговой разряд с графитовыми электродами →

→ термическое распыление графита → конденсация (сажа + 10-20% фуллеренов) → органический растворитель → растворяются только фуллерены →

→ перегонка, жидкостная хроматография или испарение. Получают до 1 г/час  $C_{60}$ .

Молекулы фуллеренов сохраняют форму до  $T \approx 2000^\circ\text{K}$ . Температура плавления  $C_{60}$  около  $1800^\circ$

Гигантский дипольный резонанс фуллерена это колебание всех электронов атомной оболочки фуллерена относительно <sup>его</sup> общего ионно-ядерного каркаса.