Наноматериалы и нанотехнологии - вчера, сегодня, завтра

Классификация частиц по размерам

а

Область I Молекулярные кластеры	**Область II Кластеры твердого тела**	**Область III Микро-кристаллы**	**Область IV Частицы компактного вещества**
$N \leq 10$	$10^2 \leq N \leq 10^3$	$10^3 \leq N \leq 10^4$	$N > 10^5$
Поверхность и объемы неразличимы	Соотношение поверхность/ объем ≈ 1	Соотношение поверхность/ объем < 1	Соотношение поверх-ность/объем $<< 1$

б

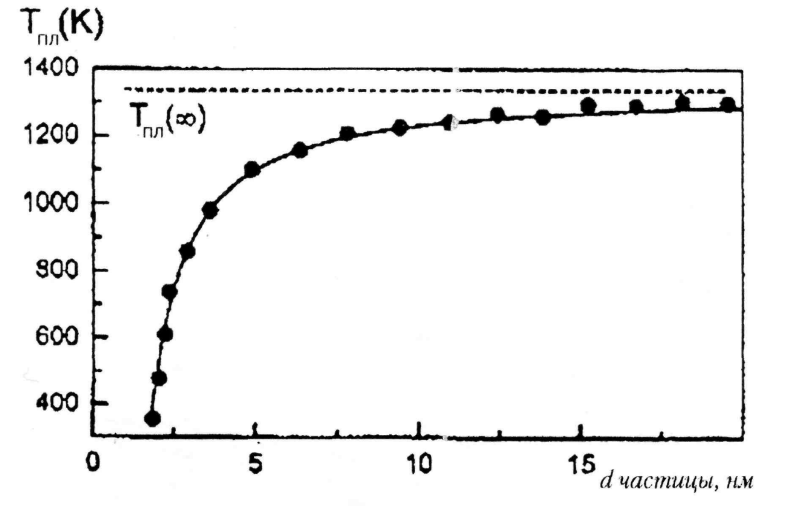
Химия	**Наночастицы**				**Физика твердого тела**	
Атом	$N = 10$	$N = 10^2$	$N = 10^3$	$N = 10^4$	$N = 10^6$	Комплексное вещество

в

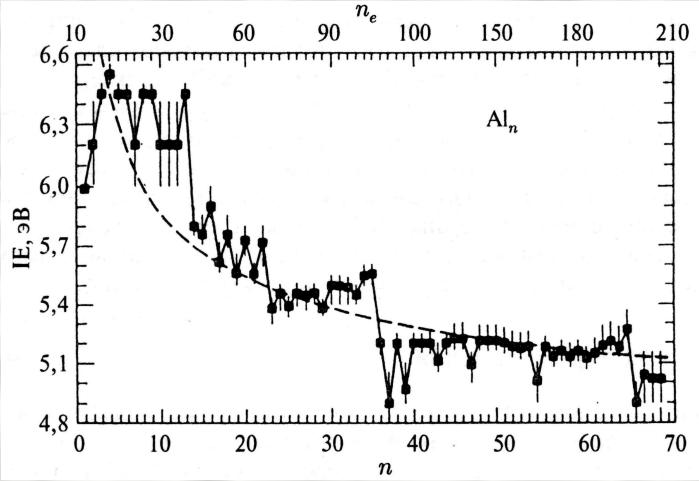
Сверхмалые кластеры	**Малые кластеры**	**Большие кластеры**
$2 < N < 20$	$20 < N \leq 500$	$500 < N \leq 10^7$
$2R \leq 1{,}1$ нм	1,1 нм $\leq 2R \leq 3{,}3$ нм	3,3нм $\leq 2R \leq 100$
Поверхностный и внутренний объемы неразделимы	$0{,}9 \geq N_s/N_v \geq 0{,}5$	$0{,}5 \geq N_s/N_v$

г

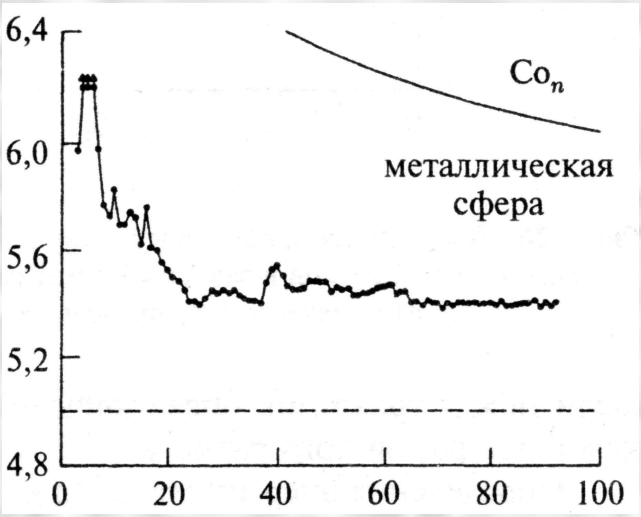
Химия атомов	Нанохимия					Химия твердого тела
	Число атомов в частице					
Единичные атомы	10	10^2	10^3	10^4	10^6	Компактное вещество
диаметр частицы, нм	1	2	3 5 7	10		> 100



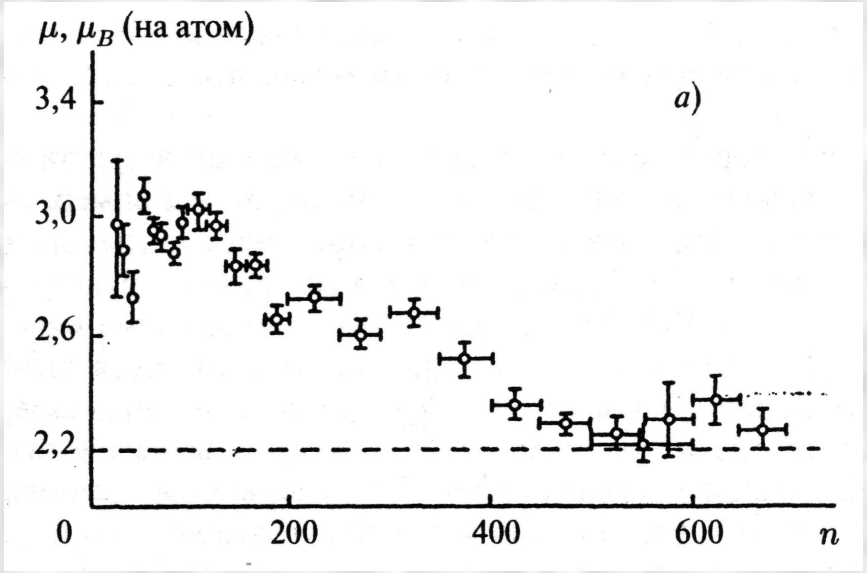
Зависимость температуры плавления золота от размера частиц:
точки — экспериментальные данные; сплошная линия рассчитана по уравнению (1) при a = 1,6, h - 0,204 нм

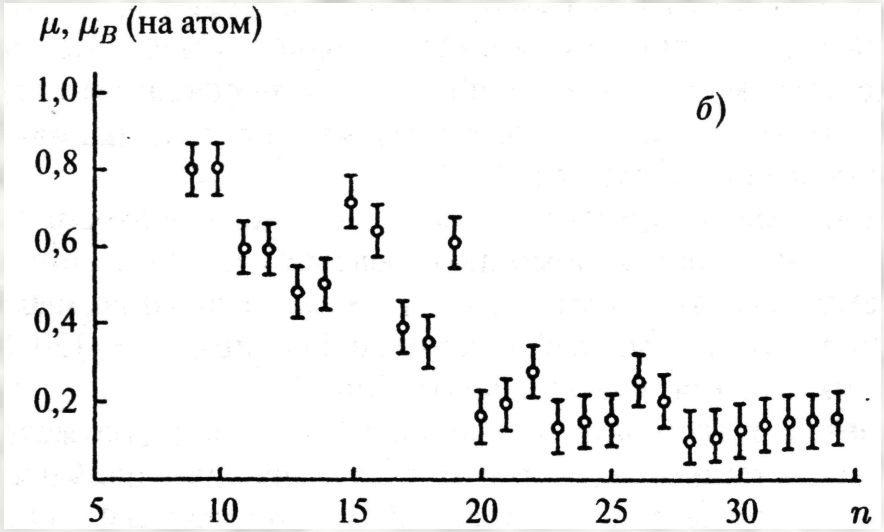


Энергии ионизации кластеров A1n, полученные после фотоионизации. Пунктирная линия — расчет для классической металлической сферы

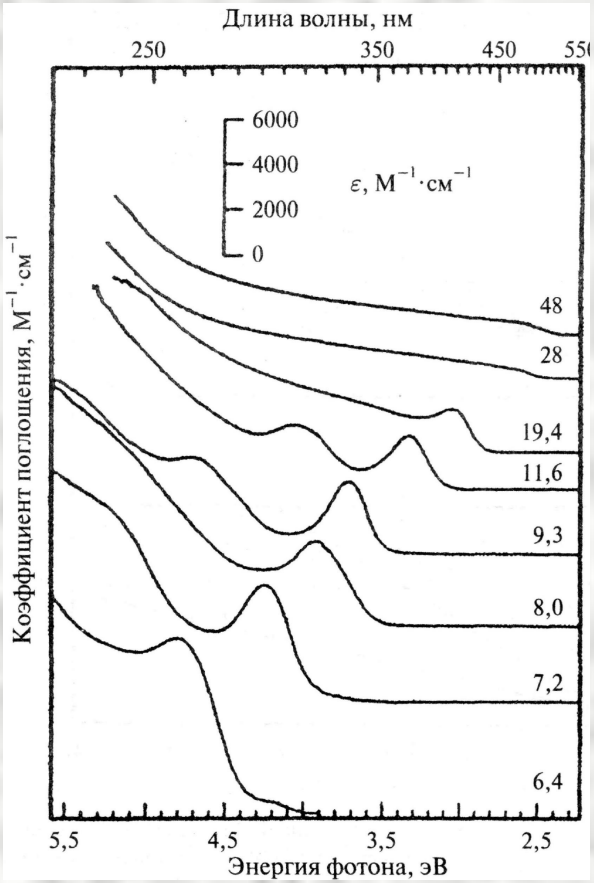


Энергии ионизации для Fen и Con при n = 1-100; пунктирная линия соответствует работе выхода электрона массивного материала, сплошная линия — результаты расчета согласно капельной модели

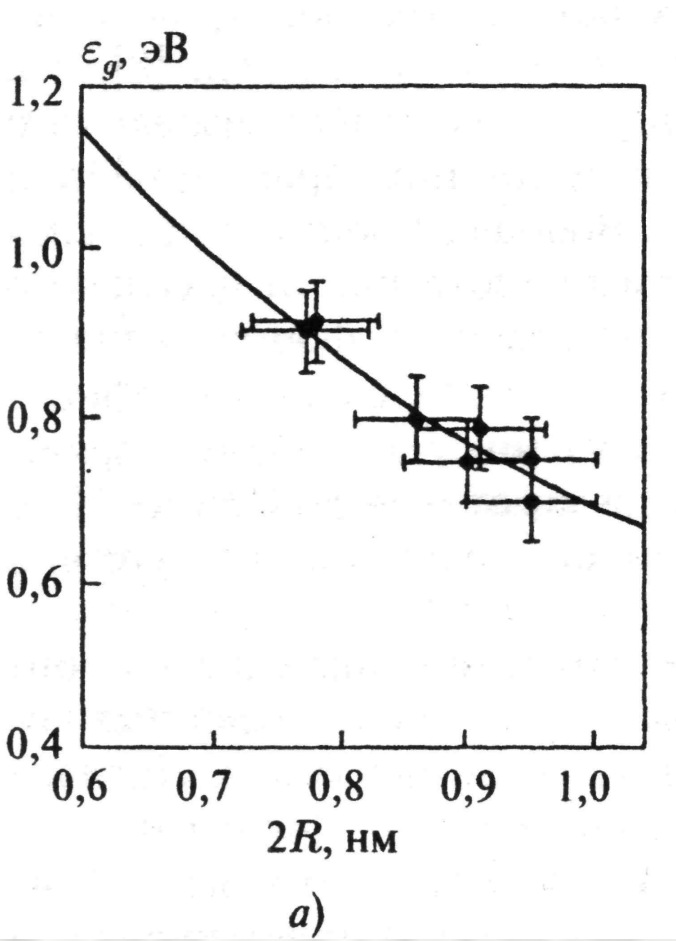


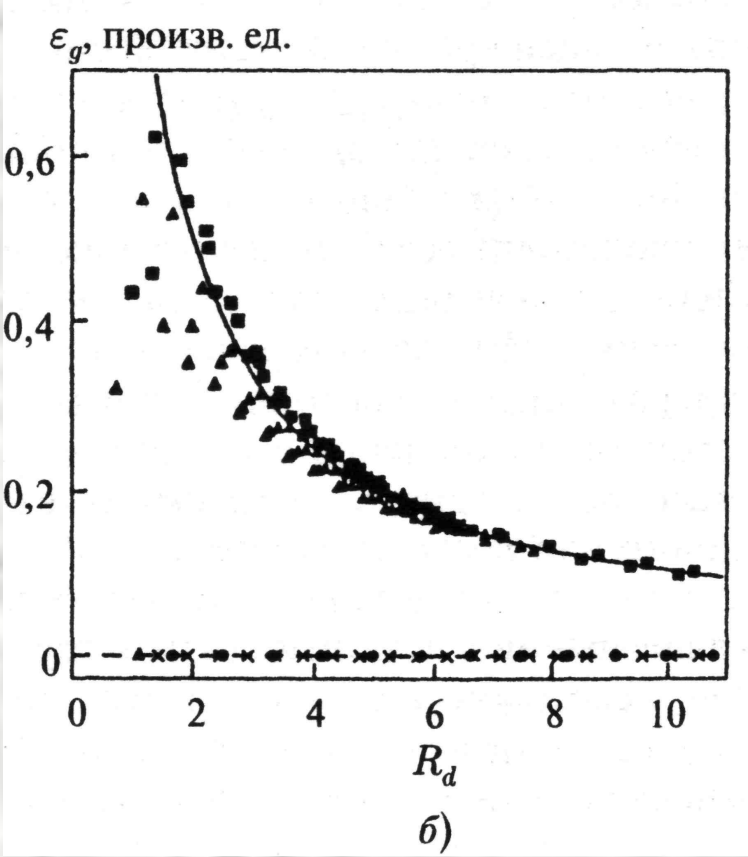


Магнитные моменты (в расчете на один атом) для кластеров Fen и Rhn различного размера. Штриховая линия соответствует магнитному моменту
μ = 2,2μв для массивного Fe; n — число атомов в кластере

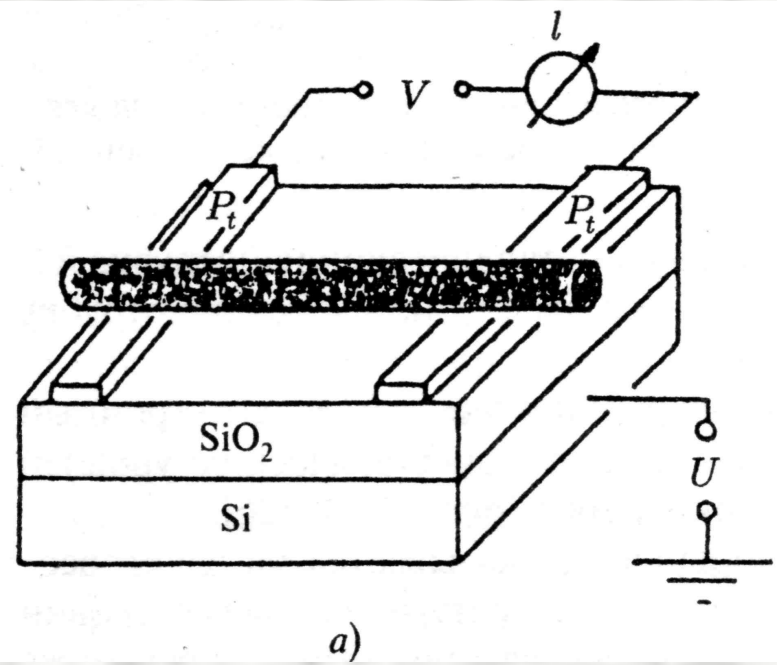


Коэффициенты поглощения оптического излучения для разного размера кластеров в зависимости от энергии фотонов





Зависимость ширины запрещенной зоны от радиуса нанотрубки, вычисленная и измеренная для нанотрубок с различными хиральностями. Rd == R/d0 — приведенный радиус нанотрубки в единицах d0 = 0,143 нм; сплошные линии — εg ~ 1/R



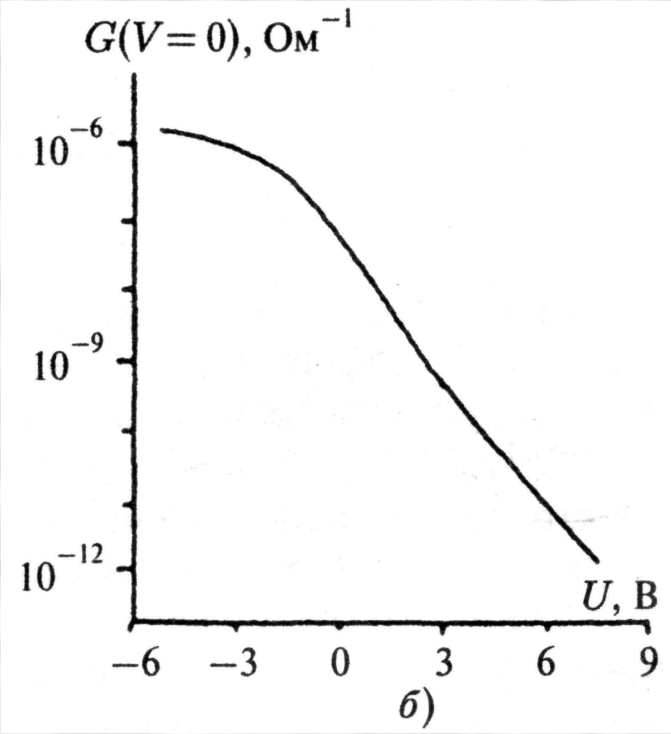
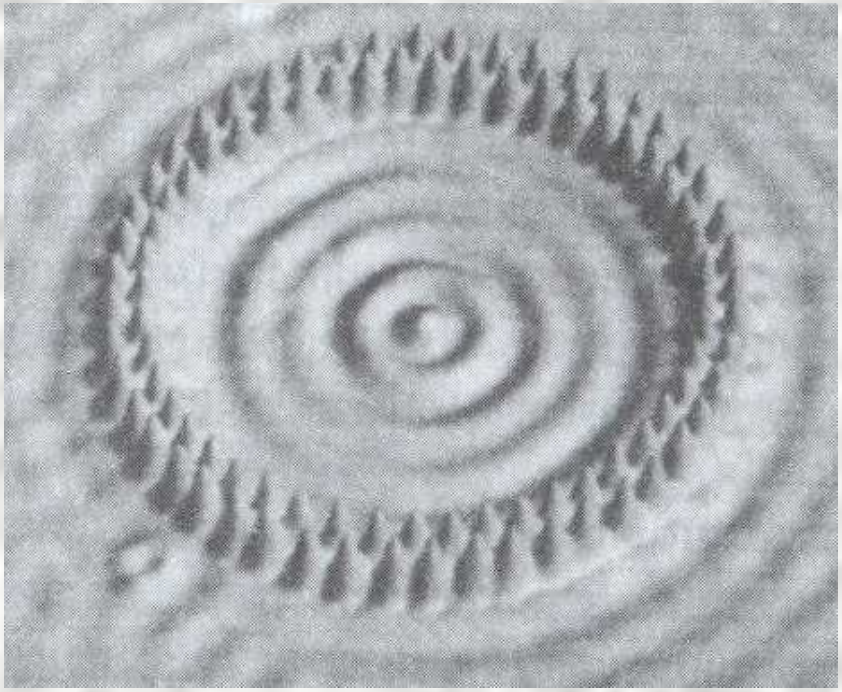


Схема полевого транзистора на полупроводниковой нанотрубке (а); зависимость проводимости цепи от потенциала затвора (б)



Кольцо из атомов железа на поверхности меди, образующие «квантовый загон», собрано посредством STM-острия.

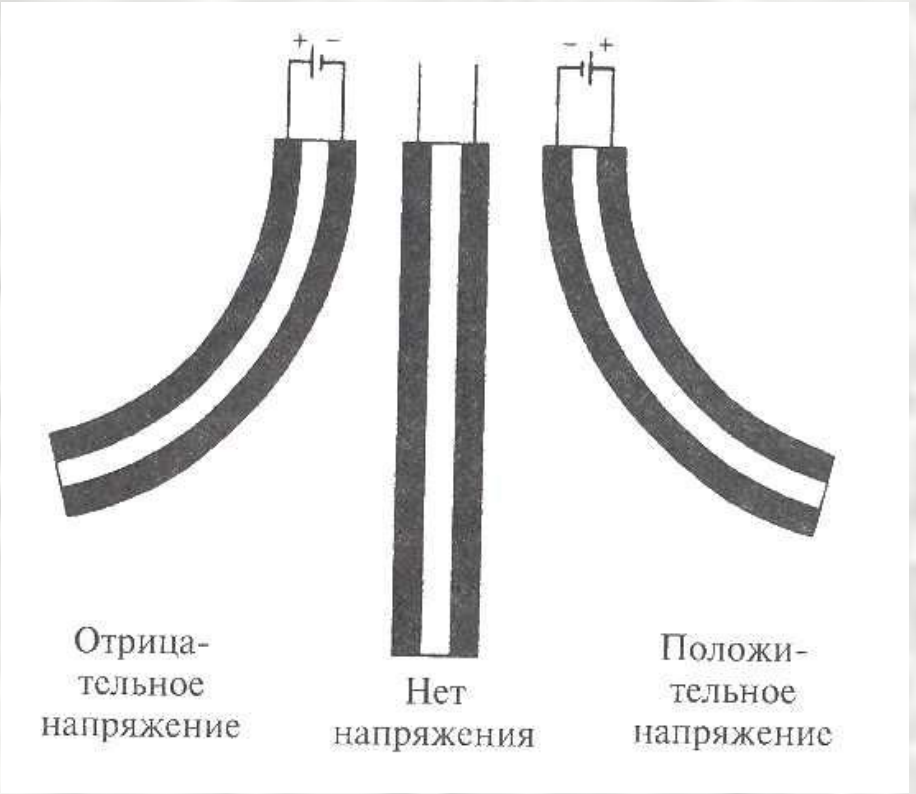
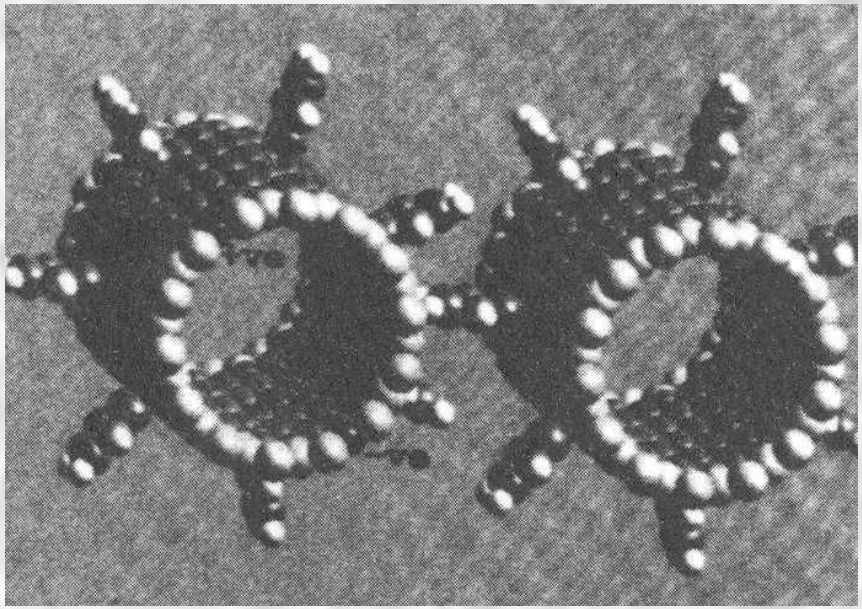


Схема актуатора, состоящего из двух листов однослойных нанотрубок, удерживаемых вместе двустороннем скотчем.



Метод изготовления шестерёнок путём прикрепления молекул бензола к внешней стороне углеродных нанотрубок

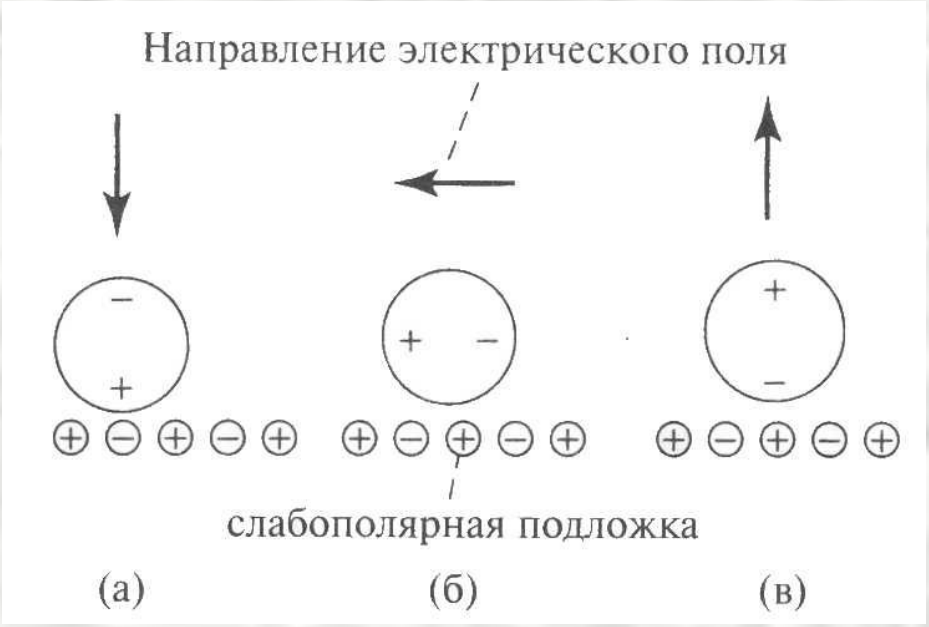
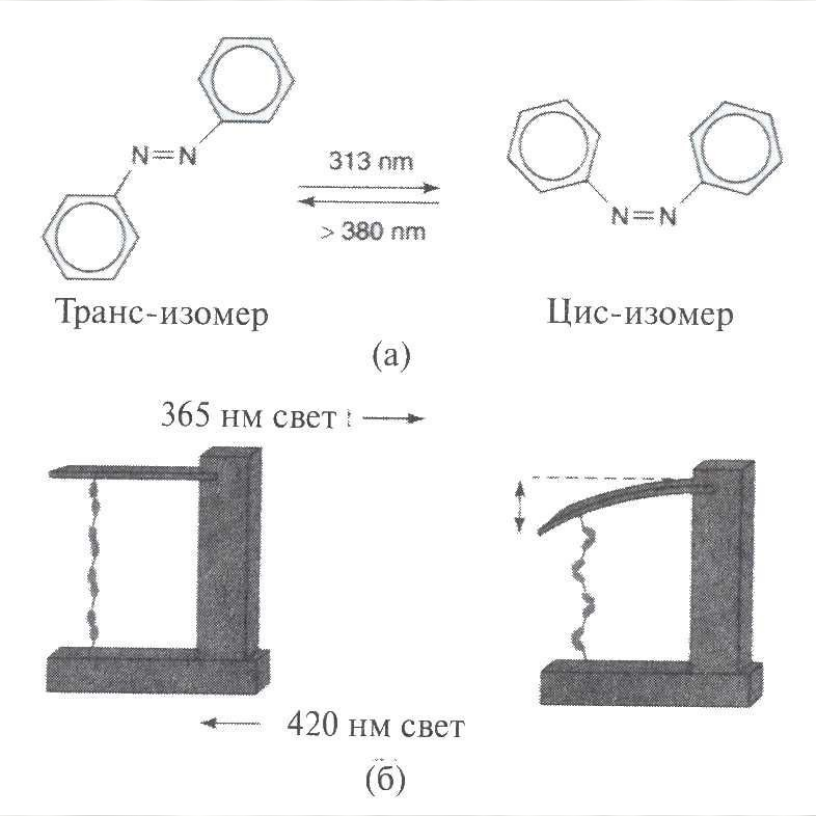


Схема перекатывания адсорбированной молекулы С60 на поверхности кристалла со знакопеременными зарядами атомов внешним вращающимся электрическим полем

Схема размещения однослойной углеродной нанотрубки на кантилевере атомного силового микроскопа



а) индуцированная ультрафиолетовым светом цис-транс изомеризация азобензола;

б) молекулярная машина, основанная на индуцированных светом изомерных превращениях азобензольного полимера, который сокращается при переходе в цис-форму, вызывая изгиб кантилевера

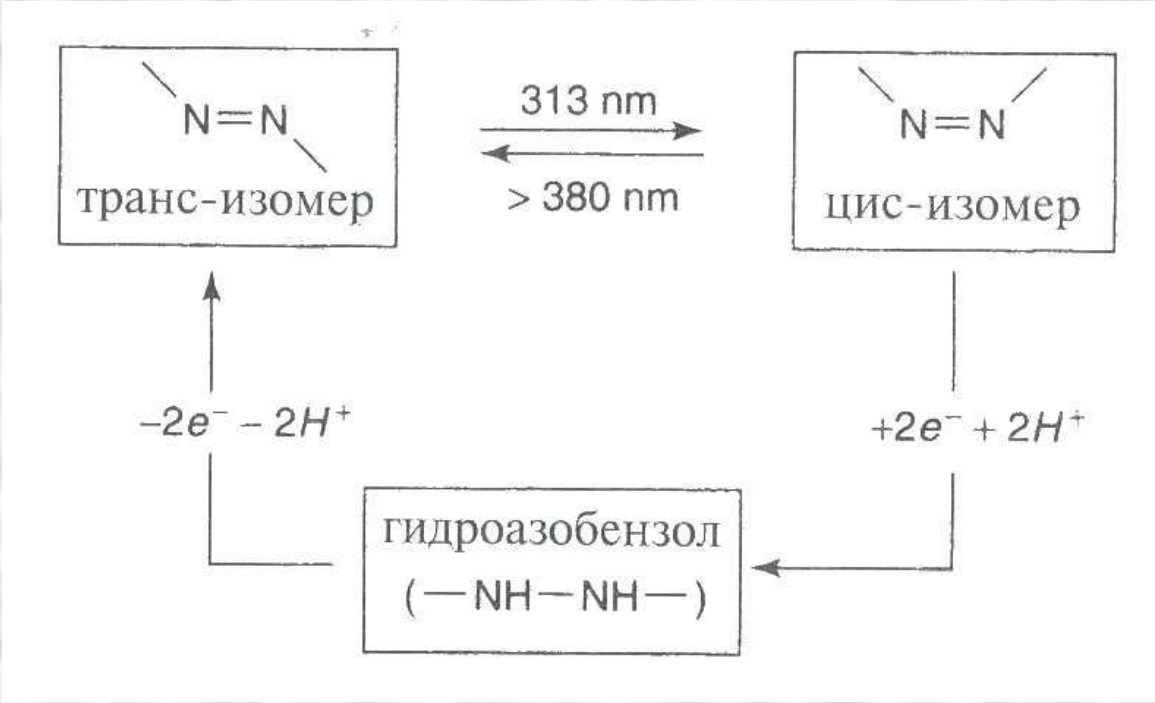


Схема управления процессом переключения азобензола посредством фотоизомеризации и электрохимии, позволяющая реализовать двухрежимный переключатель

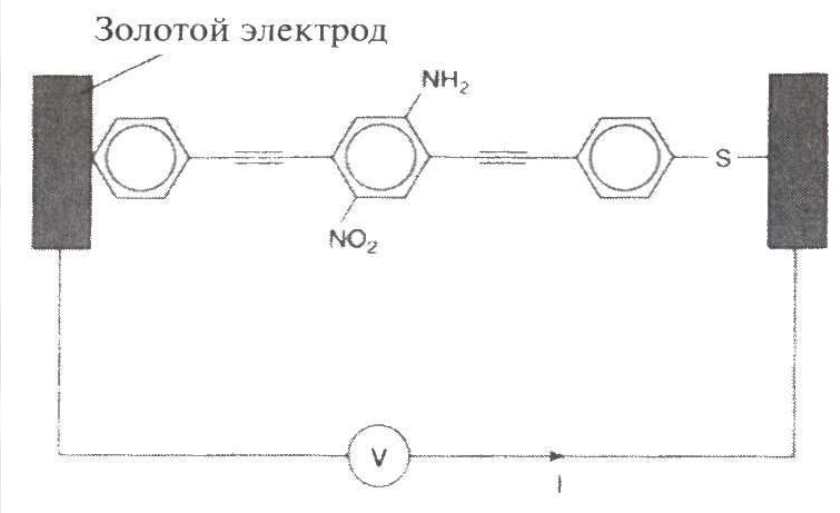
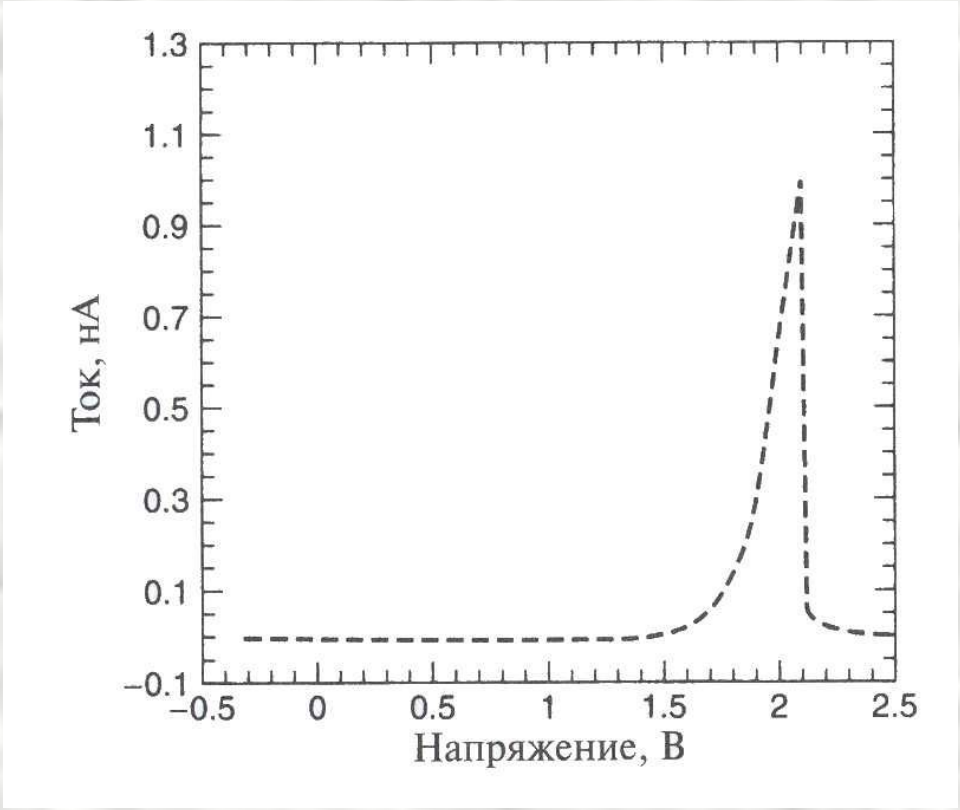
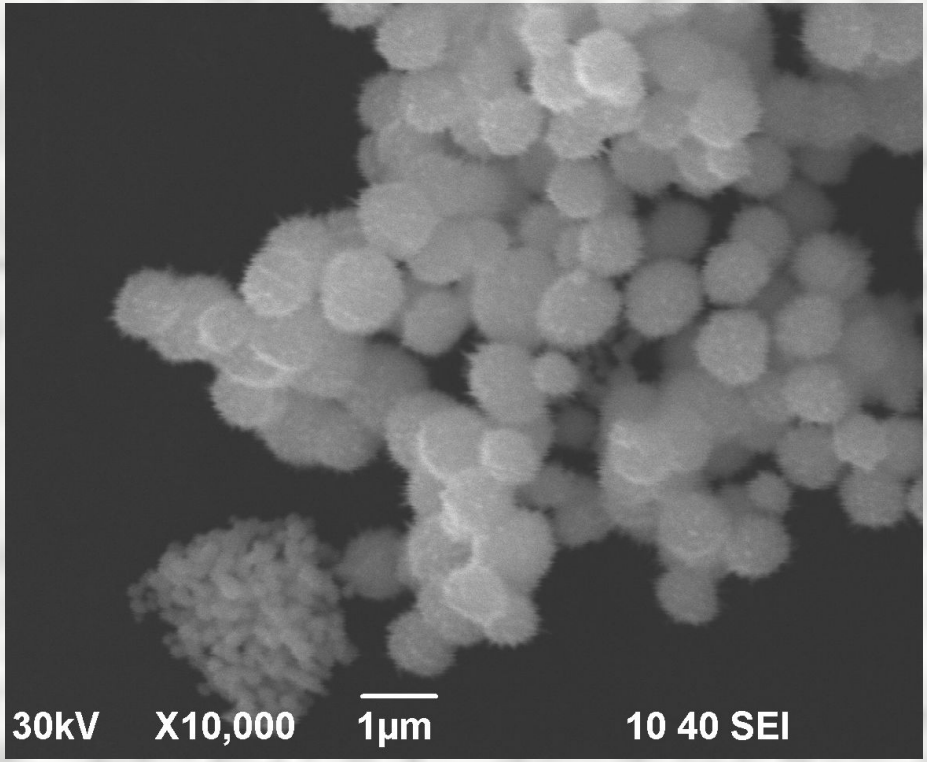


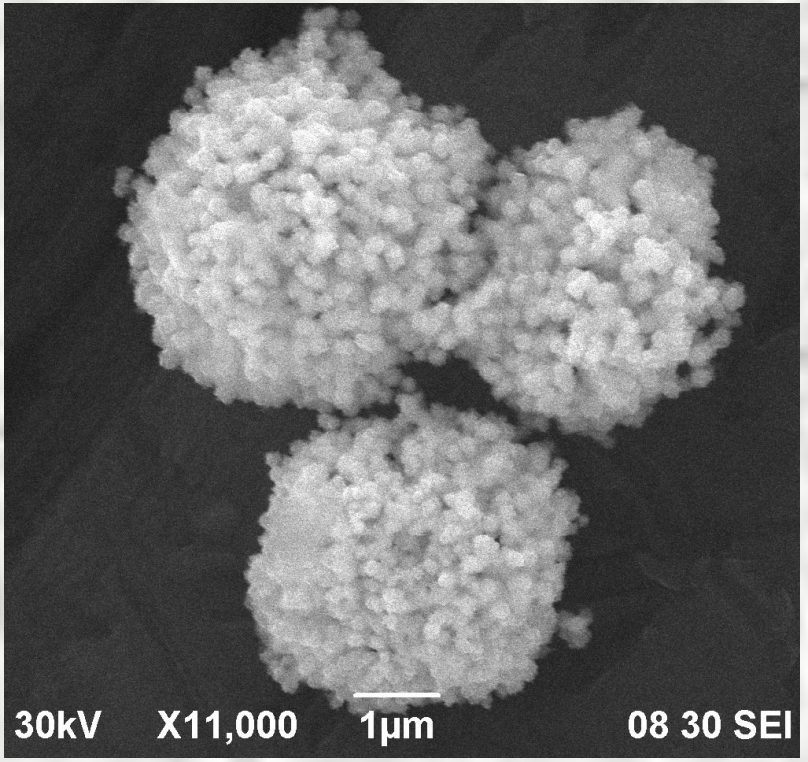
Схема электронного переключателя, выполненного на проводящей молекуле, прикреплённой концами к золотым электродам.



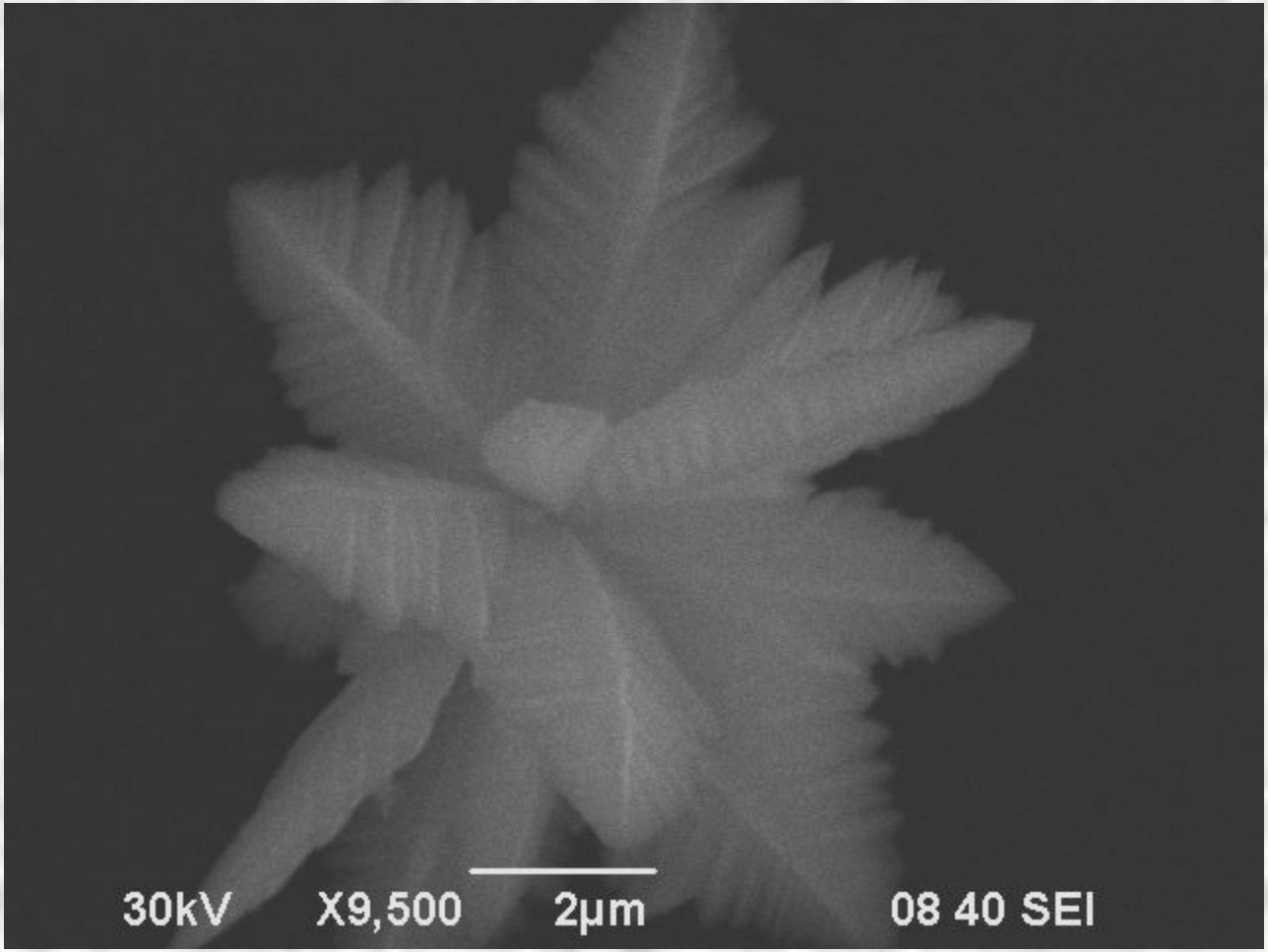
Вольтамперные характеристики электронного переключателя

Микрофотография наноразмерного Ni

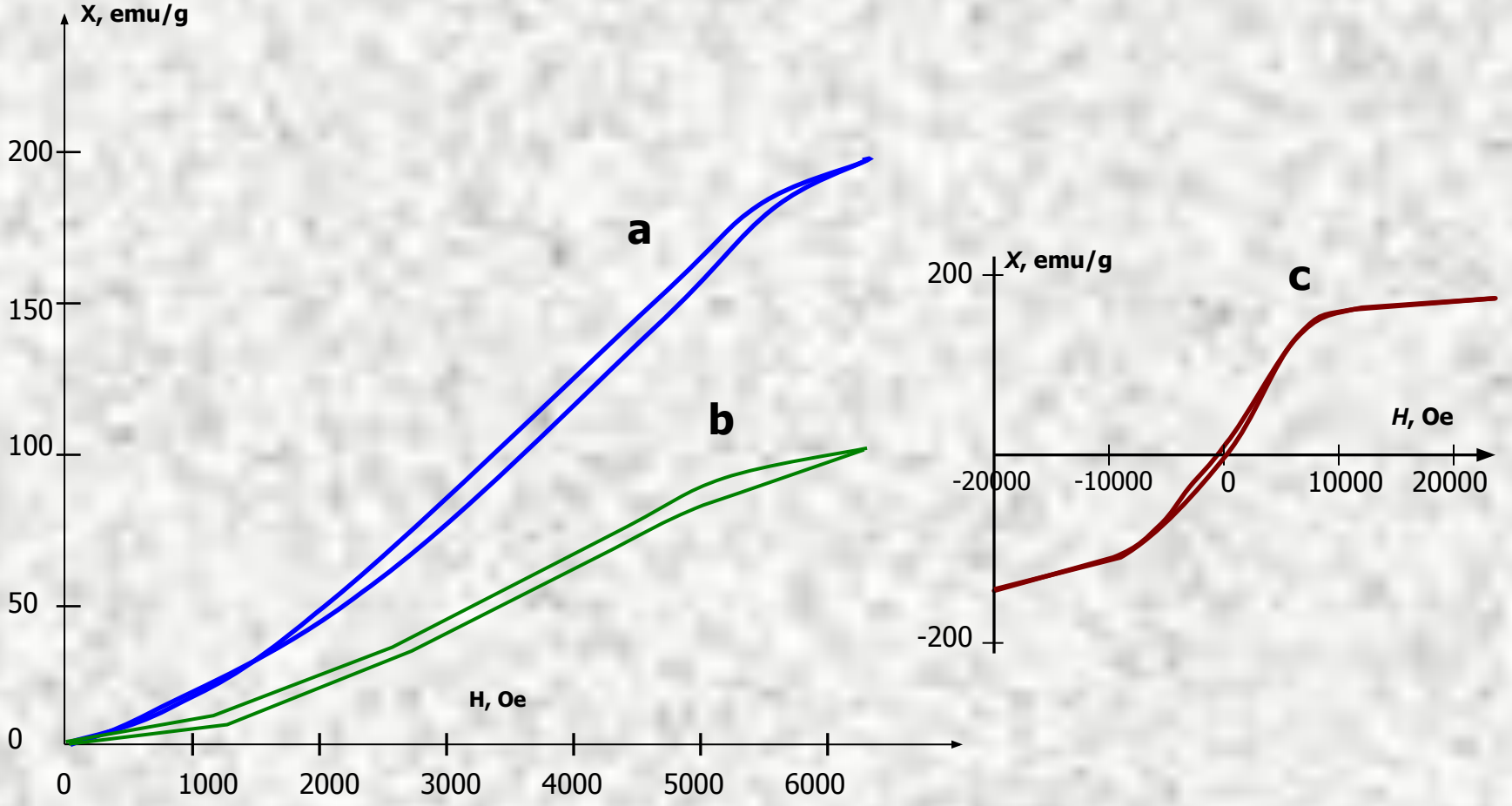




Микрофотография наноразмерного Co

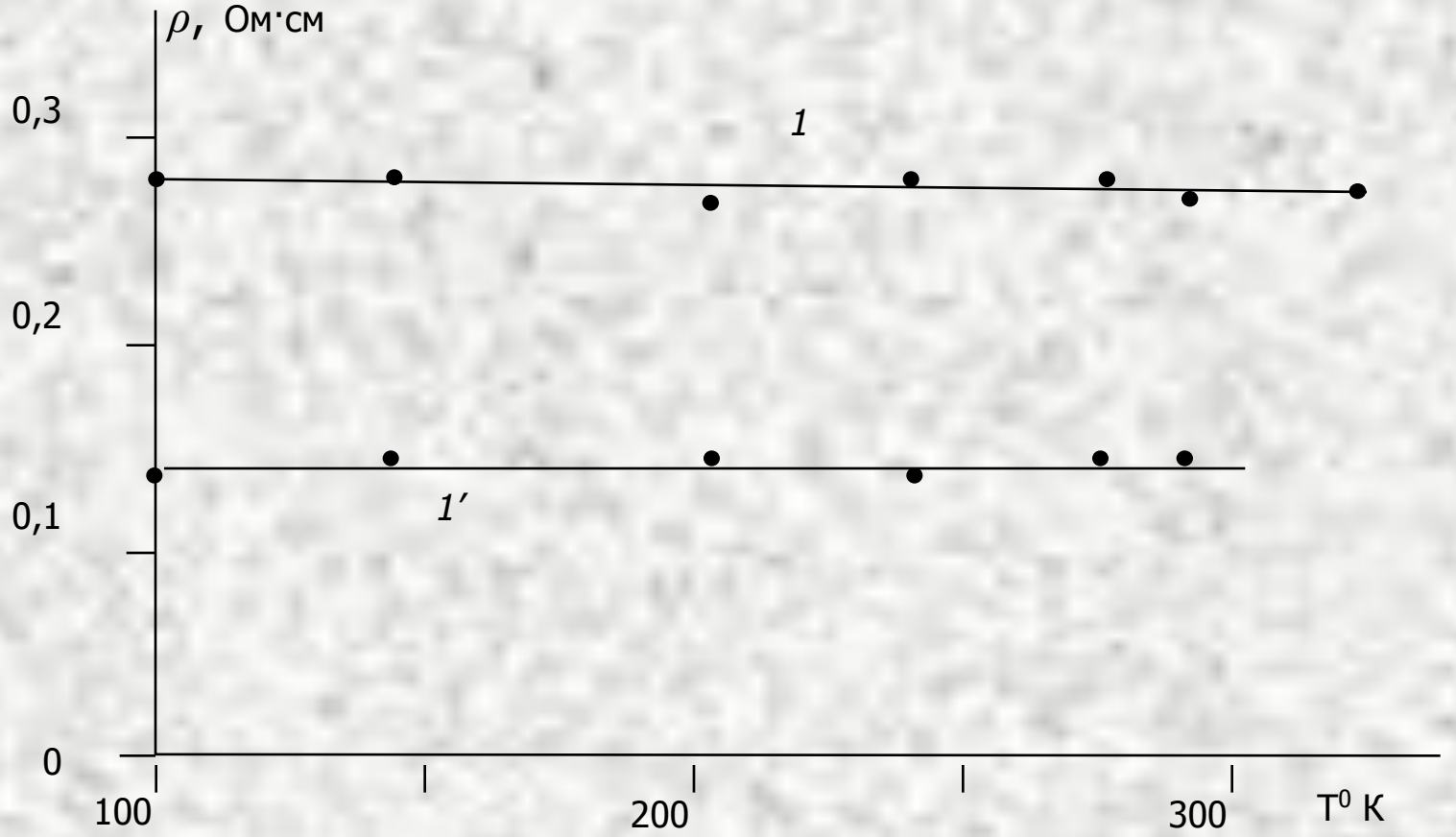


Магнитные кривые



a) Образец Fe–Co (50/50);
b) Образец Co;
c) Образец Fe–Co (30/70) (The University of Texas)

Зависимость удельного сопротивления наночастиц Ni (1) и Co(1`) от температуры



Благодарим за внимание!!!