

## Урок 1.

**Тема: Что такое нано?**

**Цель: Дать учащимся представление о наноразмерах.**

Ход урока.

Вступительное слово учителя.

Современный мир бредит нанотехнологиями. Нанотехнология это наука, которая занимается созданием устройств размером в несколько нанометров (нм – миллиардная доля метра). Это многообещающая область научной деятельности, результаты которой должны затронуть все сферы жизни общества. По этой причине нанотехнология считается одной из ключевых технологий 21 века, которая призвана повлиять на развитие не только одной отдельной индустрии или отдельного рынка; она создаст новые широкие возможности в производстве материалов, инструментостроении, сфере здравоохранения, электроники, оборонном секторе, сенсорных технологиях, промышленном производстве и сопутствующих им сферах.

Современные ученые, за редким исключением, убеждены, что нанотехнологии - это будущее человечества. Они способны изменить историю не меньше, чем двигатели внутреннего сгорания 100 лет назад или электричество - 200. "Эта сфера обладает совершенно гигантским потенциалом, и вполне возможно, что стоящие ныне перед цивилизацией проблемы будут решены благодаря нанотехнологиям", - рассказал академик, директор Центра фотохимии РАН Михаил Алфимов.

Все мы не раз слышали слово «нанотехнологии», но все ли знают и понимают, о чём идёт речь? Мы не можем видеть этого, однако продукты нанотехнологии уже вошли в нашу повседневную жизнь, и мы, не задумываясь, используем их. Они в автомобильном оборудовании, персональных компьютерах, косметике, одежде и даже спортивном инвентаре. Нанотехнология по-настоящему «сильная» наука, обладая ничтожными размерами, устройства, которые она создает, преобразуют объекты, повышая их функциональность, делая их надежнее и продлевая срок их службы. Хороший пример – теннисный мячик. Благодаря наночастицам, использованным в его покрытии, что снижает проницаемость такого покрытия для воздуха, срок службы мячика увеличился в пять раз, также увеличилась сила отскока. Новая технология производства материалов повлияла и на свойства теннисной ракетки, значительно облегчив ее.

Давайте вспомним, как развивались представления учёных о строении вещества.

Представления о том, что все вещества состоят из мельчайших частиц - атомов, впервые появились в трудах древнегреческих ученых философов Левклиппа, Демокрита и Эпикура, живших V-III веках до нашей эры. Все

явления природы они пытались объяснить движением этих невидимых частиц.

В эпоху средневековья атомистические представления были полностью забыты и в науке более тысячи лет господствовало мистическое учение Аристотеля, утверждавшего, что основу мира составляли четыре начала - вода, земля, воздух и огонь.

Возвращение атомистических представлений стало возможным с началом эпохи Возрождения, благодаря трудам первых ученых - экспериментаторов.

Огромную роль в этом сыграли исследования Роберта Бойля и Исаака Ньютона.

Р.Бойль более 10 лет проводивший различные эксперименты, написал книгу "Химик - Скептик", в которой доказал полную несостоятельность "начал Аристотеля".

Однако окончательное атомно-молекулярное учение утвердилось лишь к середине XIX века. В 1860 году на Международном конгрессе химиков в Карлсруэ были даны первые научные определения атома и молекулы. Наука развивалась, и в конце XIX - начале XX века произошли великие открытия в физике, которые в очередной раз изменили представления человечества об атоме.

Приставка «нано» («нанос» по-гречески - карлик), означает «одна миллиардная доля». Один нанометр (1 нм) – одна миллиардная доля метра ( $10^{-9}$  м). Как представить себе такую короткую дистанцию? Для сравнения, человеческий волос приблизительно в шестьдесят тысяч раз толще одной молекулы.

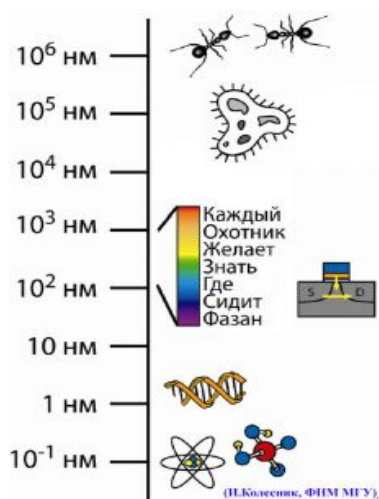
В латыни «нано» имеет значение «маленький», «крошечный». И действительно, один нанометр - это очень маленькая величина, увидеть невооруженным глазом объекты такого размера невозможно. Для сравнения заметим, что волосы человека растут со скоростью 10 нм в секунду (а мы этого не замечаем!), а толщина одного волоска составляет огромную величину - почти 100 тысяч нанометров или 100 микрон. Наноразмерный масштаб используют для характеристики самых маленьких объектов, например, атомов и молекул.

Как представить себе величину нанометровой размерности? Проще всего это сделать с помощью денег: нанометр и метр соотносятся по масштабу как копеечная монета и земной шар (кстати, если каждый житель Земли даст по монетке, этого вполне хватит, чтобы выложить цепочку вокруг экватора – даже при том, что некоторые, как обычно, пожадничают).

Уменьшим слона до размеров микроба (5000 нм) – тогда блоха у него на спине станет величиной как раз в нанометр. Если бы рост человека вдруг уменьшился до нанометра, мы могли бы играть в футбол отдельными атомами! Толщина листа бумаги казалась бы нам тогда равной... 170 километрам.

Конечно, это только фантазии. Таких крошечных человечков и даже насекомых на свете быть не может. Нанометрами измеряются лишь самые примитивные существа, вирусы (их длина в среднем 100 нм). Живая природа заканчивается на рубеже примерно в десять нанометров – такие размеры имеют сложные молекулы белков, строительные блоки живого. Простые молекулы в десятки раз меньше. Величина атомов – несколько ангстрем (один ангстрем равен 0,1 нм). Например, диаметр атома кислорода – 0,14 нм.

Здесь проходит нижняя граница наномира, мира наномасштабов. Именно в наномире идут процессы фундаментальной важности - совершаются химические реакции, выстраивается строгая геометрия кристаллов, структуры белков. С этими процессами и работают нанотехнологи.



**Шкала масштабов.**

Лучший способ познать это – сравнить... Иногда путешествие «вглубь» материи по шкале масштабов называют путешествием по «пятому измерению» в дополнение к уже существующим четырем – трем пространственным и времени. Нанометры являются привычными единицами для описания длины волн света. Например, видимый свет имеет длины волн в диапазоне от 400 до 700 нм. В нанометрах измеряют также размеры микроорганизмов, клеток и их частей, биомолекул. Вот лишь некоторые примеры:

- Диаметр спирали ДНК человека – 2 нм;
- Длина одного витка ДНК – 3.4 нм;
- Молекула гемоглобина – 6.4 нм;
- Пиконановирусы – 20 нм;
- Молекула гемоцианина – 50 нм;

- Бактерии *Mycoplasma mycoides* 100-250 нм;
- Мимовирусы – 500 нм
- Эритроциты человека – 8000 нм (уже 8 микрон)

II. Чтобы лучше себе представить размеры нанометра, я предлагаю вам решить занимательные задачи.

**А.** Когда – то, говорят, Чингис-хан приказал каждому из своих воинов принести по камню к его шатру. Приказано-сделано. Выросла гора. А что если каждый человек на земном шаре принесет по одной единственной квантовой точке (диаметр 10 нм, плотность материала  $7 \text{ г/см}^3$ ) и положит ее около штаб-квартиры Государственной Корпорации «Роснанотех» в кучу, то какую массу будет иметь эта куча?

**Б.** Приблизительно сколько раз можно обернуть вокруг талии показанную на фотографии девушку углеродной нанотрубкой, длина которой увеличена во столько же раз, во сколько раз диаметр нанотрубки увеличен до диаметра флейты, на которой играет девушка, получившая эти нанотрубки? Считать длину окружности талии девушки равной 60 см, принять соотношение длины нанотрубок к их диаметру равной 100. Диаметры флейты и нанотрубки оценить из фотографий.

**В.** Сколько нанороботов может уместиться на острие швейной иглы? А иглы атомно-силового микроскопа?



**Д/З** нарисовать наномасштаб (объекты для сравнения придумайте самостоятельно)

### Решение задачи № 1.

Пусть:

$d$  – диаметр одной квантовой точки,

$V$  – объем одной квантовой точки,

$m$  – масса одной квантовой точки,

$\rho$  – плотность материала,

$N$  – население Земли,

$M$  – масса кучи, состоящей из квантовых точек около штаб-квартиры Государственной Корпорации «РоснаноТех».

По условию задачи:

$$d = 10 \text{ нм} = 10^{-8} \text{ м},$$

$$\rho = 7 \text{ г/см}^3 = 7 \cdot 10^6 \text{ г/м}^3.$$

Примем, что население Земли в настоящее время составляет 6 миллиардов человек, т.е.:

$$N = 6 \cdot 10^9.$$

Масса кучи, состоящей из квантовых точек около штаб-квартиры Государственной Корпорации «РоснаноТех»:

$$M = N \times m = N \times \rho \times V$$

Пусть квантовая точка имеет форму шара, тогда ее объем составляет:

$$V = (4\pi R^3)/3 = (\pi d^3)/6$$

Тогда:

$$M = N \times \rho \times (\pi d^3)/6 = (6 \cdot 10^9 \times 7 \cdot 10^6 \text{ г/м}^3 \times 3.14 \times (10^{-8})^3 \text{ м}^3)/6 \approx 2.2 \cdot 10^{-8} \text{ г}$$

**Ответ:** куча, состоящая из квантовых точек около штаб-квартиры Государственной Корпорации «РоснаноТех», будет весить около  $2.2 \cdot 10^{-8} \text{ г}$ .

## **Решение задачи № 2.**

Пусть:

$d$  – диаметр нанотрубки,

$D$  – диаметр флейты,

$L$  – длина окружности талии девушки,

$l$  – длина исходной нанотрубки,

$l_{ув}$  – длина увеличенной нанотрубки,

$N$  – число витков увеличенной нанотрубки вокруг талии девушки.

По условию задачи:

$$L = 60 \text{ см} = 0.6 \text{ м},$$

$$l/d = 100 \text{ } \vee \text{ } l = 100d$$

Т.к. длина увеличенной нанотрубки равна длине исходной нанотрубки, увеличенной во столько же раз, во сколько диаметр нанотрубки увеличен до диаметра флейты, т.е.:

$$l_{ув} = (D/d) \times l = (D/d) \times 100d = 100D$$

Из рисунка можно оценить, что диаметр флейты составляет:  $D \sim 2 \text{ см} = 0.02 \text{ м}$ , тогда:

$$l_{ув} = 100 \times D = 100 \times 0.02 \text{ м} = 2 \text{ м}.$$

Тогда увеличенную нанотрубку можно обернуть вокруг талии девушки:

$$N = l_{ув}/L = 2 \text{ м} / 0.6 \text{ м} \approx 3$$

**Ответ:** вокруг талии девушки увеличенную нанотрубку можно обернуть около 3 раз

## **Решение задачи № 3.**

Для решения данной задачи нужно было оценить размер наноробота, радиус острия швейной иглы и радиус иглы атомно-силового микроскопа.

Пусть наноробот при посадке на поверхность занимает площадь в форме круга с радиусом 100 нм, а острие швейной иглы и иглы атомно-силового

микроскопа представляет собой также плоскую окружность. Кроме того, допустим, что нанороботы при посадке на острие игл «утрамбовываются» и занимают всю предоставленную им площадь.

Пусть

$r_{\text{нр}}$  – радиус площадки, занимаемой нанороботом,

$R_{\text{ши}}$  – радиус площадки на острие швейной иглы,

$R_{\text{АСМ}}$  – радиус площадки на острие атомно-силового микроскопа,

$N_{\text{ши}}$  – число нанороботов, которые разместятся на острие швейной иглы,

$N_{\text{АСМ}}$  – число нанороботов, которые разместятся на острие иглы атомно-силового микроскопа.

Примем, что:

$$r_{\text{нр}} = 100 \text{ нм} = 10^{-7} \text{ м},$$

$$R_{\text{ши}} = 0.1 \text{ мм} = 10^{-4} \text{ м},$$

$$R_{\text{АСМ}} = 1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}.$$

Площадь, занимаемая одним нанороботом:

$$S_{\text{нр}} = \pi r_{\text{нр}}^2 = (10^{-7})^2 \pi = 10^{-14} \pi \text{ м}^2.$$

Площадь площадки на острие швейной иглы:

$$S_{\text{ши}} = \pi R_{\text{ши}}^2 = (10^{-4})^2 \pi = 10^{-8} \pi \text{ м}^2.$$

Площадь площадки на острие атомно-силового микроскопа:

$$S_{\text{АСМ}} = \pi R_{\text{АСМ}}^2 = (10^{-9})^2 \pi = 10^{-18} \pi \text{ м}^2.$$

Тогда число нанороботов, которые разместятся на острие швейной иглы, составляет:

$$N_{\text{ши}} = S_{\text{ши}} / S_{\text{нр}} = 10^{-8} \pi \text{ м}^2 / 10^{-14} \pi \text{ м}^2 = 10^6,$$

а на острие атомно-силового микроскопа:

$$N_{\text{АСМ}} = S_{\text{АСМ}} / S_{\text{нр}} = 10^{-18} \pi \text{ м}^2 / 10^{-14} \pi \text{ м}^2 = 10^{-4}, \text{ т.е. ни одного.}$$

**Ответ:** на острие швейной иглы разместится около миллиона нанороботов, а на острие иглы атомно-силового микроскопа – ни одного наноробота.