

# Типичные нетипичные задачи для нанознаек

Часть 2

немного теории

**-NANO > XII**  
НАНОТЕХНОЛОГИИ - ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ!

[www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)

<http://enanos.nanometer.ru>

Е.А.Гудилин

2018

МГУ имени М.В.Ломоносова



## Биология для школьников

**Сроки проведения: от 20.11.17 до 31.01.18**

Биология

Блок теоретических заданий по **биологии для школьников 7-11 классов** включает задачи разной сложности. Для повышения вероятности прохождения на очный тур Вам желательно решить задачи не только по биологии, но и по физике, математике, химии, чтобы набрать больше баллов. Все прошедшие на очный тур обязательно решают задачи по всем четырем предметам.

[Отправить ответ](#)



## Физика для школьников

**Сроки проведения: от 23.11.17 до 31.01.18**

Физика

Блок теоретических заданий по **физике для школьников 7-11 классов** включает задачи разной сложности. Для повышения вероятности прохождения на очный тур Вам желательно решить задачи не только по физике, но и по химии, математике, биологии, чтобы набрать больше баллов. Все прошедшие на очный тур обязательно решают задачи по всем четырем предметам.

[Отправить ответ](#)



## Математика для школьников

**Сроки проведения: от 20.11.17 до 31.01.18**

Математика

Блок теоретических заданий по **математике для школьников 7-11 классов** включает задачи разной сложности. Для повышения вероятности прохождения на очный тур Вам желательно решить задачи не только по математике, но и по физике, биологии, химии, чтобы набрать больше баллов. Все прошедшие на очный тур обязательно решают задачи по всем четырем предметам.

[Отправить ответ](#)



## Химия для школьников

**Сроки проведения: от 27.11.17 до 31.01.18**

Химия

Блок теоретических заданий по **химии для школьников 7-11 классов** включает задачи разной сложности. Для повышения вероятности прохождения на очный тур Вам желательно решить задачи не только по химии, но и по физике, математике, биологии, чтобы набрать больше баллов. Все прошедшие на очный тур обязательно решают задачи по всем четырем предметам.

[Отправить ответ](#)

# Организаторы



# РОСНАНО

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ  
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

эрудиты



## Юный эрудит

**Сроки проведения: от 28.11.17 до 31.01.18**

Юный эрудит

Блок простых задач для **младших** школьников. Лучшие школьники-младшеклассники будут приглашены на очный тур.

Отправить ответ

проекты



## Гениальные мысли

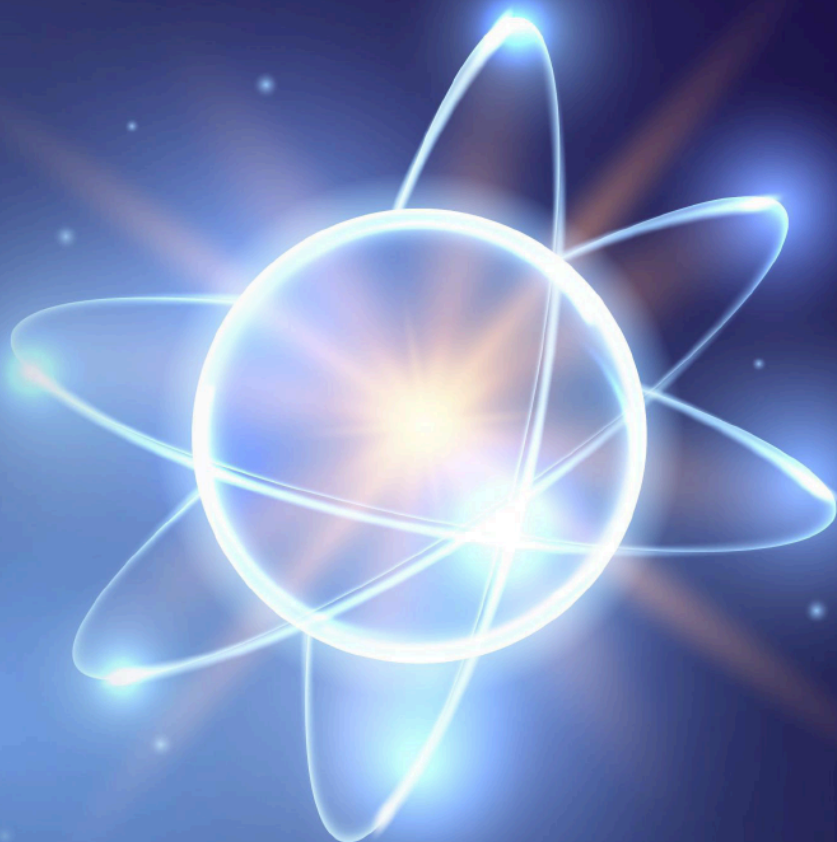
**Сроки проведения: от 01.12.17 до 31.01.18**

Гениальные мысли

Гениальные мысли

Конкурс авторефератов **школьных проектов**. Конкурс дает дополнительные баллы участникам отборочного тура по комплексу предметов "физика, химия, математика, биология" для прохождения на очный тур. Участники конкурса, прошедшие на очный тур, могут представить свои проектные работы к устной защите.

Отправить ответ



**СБОРНИК  
ЗАДАНИЙ**

[Вход](#) [Регистрация](#)

### Об Олимпиаде

[Новости](#)

[Регистрация](#)

[Конкурсы](#)

[Нормативные  
документы](#)

[Организаторы](#)

[Партнеры](#)

[Часто задаваемые  
вопросы](#)

[Архив](#)

### Рассылка

Введите Ваш email и  
подпишитесь на рассылку:

[Подписаться](#)

### Организаторы



РОСНАНО  
ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ  
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

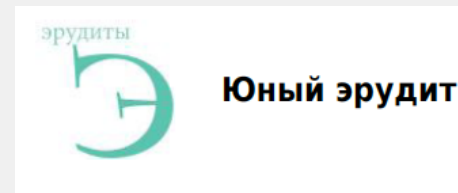
### Архив

Архив сборников заданий Олимпиады за 2007-2018 годы:

- [Сборник заданий 2018 года.](#)
- [Сборник заданий 2017 года.](#)
- [Сборник заданий 2016 года.](#)
- [Сборник заданий 2015 года.](#)
- [Сборник заданий 2014 года.](#)
- [Сборник заданий 2013 года.](#)
- [Сборник заданий 2012 года: упрощенные задания для школьников 7-8 классов; 9-11 классов; задачи повышенной сложности для школьников 7-11 классов.](#)
- [Сборник заданий 2007-2011 года: химия и наука о материалах; физика наносистем; математика; бионанотехнологии и медицина; викторина, тесты, угадайки.](#)

Для подготовки к олимпиаде мы рекомендуем ознакомиться с материалами заочной нанотехнологической школы, размещенной на портале Нанометр.Ру.

Авторами заданий являются научные сотрудники и преподаватели химического, физического, биологического факультетов, факультета наук о материалах МГУ имени М.В.Ломоносова и других организаций, привлекавшихся Оргкомитетом Олимпиады для разработки учебно-методических материалов. Авторство материалов сохранено за разработчиками. Запрещается использование данных материалов для коммерческих целей. Ссылка на принадлежность данных материалов Всероссийской Интернет-олимпиаде по нанотехнологиям обязательна при любом их упоминании.



НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО «НАНОМЕТР»

Техническая поддержка: [enanos@nanometer.ru](mailto:enanos@nanometer.ru)  
Официальные группы в социальных сетях отсутствуют.

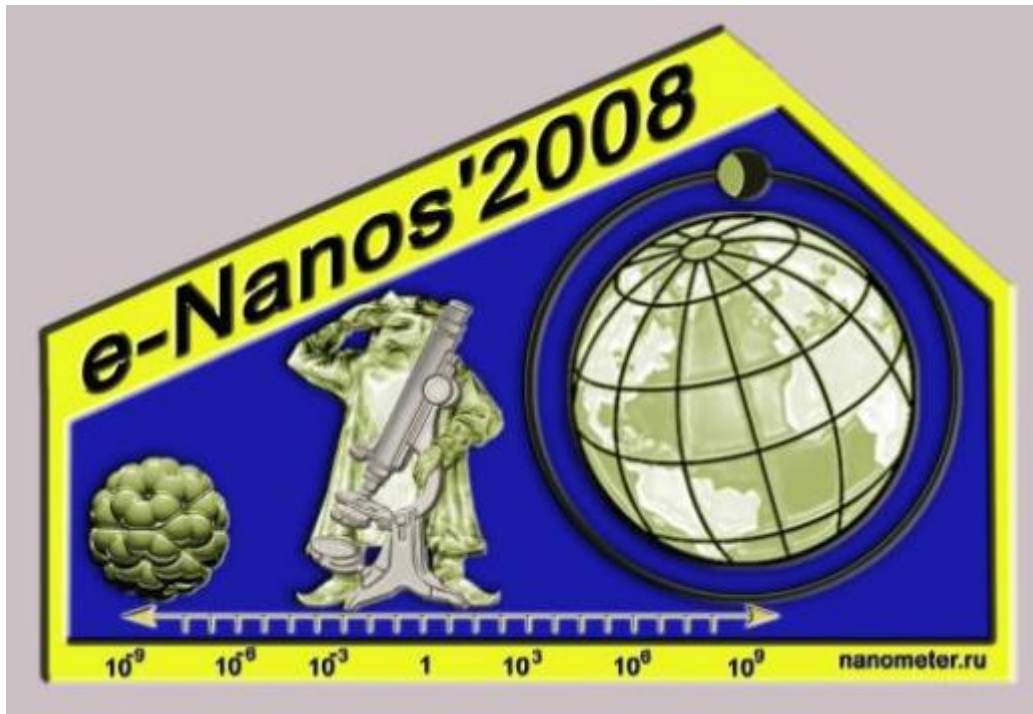
<http://enanos.nanometer.ru/uploads/archive/2018-tasks.pdf>

# Насколько мал нанометр?



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 г/см<sup>3</sup>) и положит ее около штаб-квартиры Государственной Корпорации «Роснано» в кучу, то какую массу будет иметь эта куча?

**(Ответ: 20 миллиардных долей грамма)**



Почему автор эмблемы расположил гнома между фуллереном и Луной?  
**(Ответ: отношение размера гнома к размеру молекулы фуллерена примерно равно отношению размера Луны к размеру гнома)**

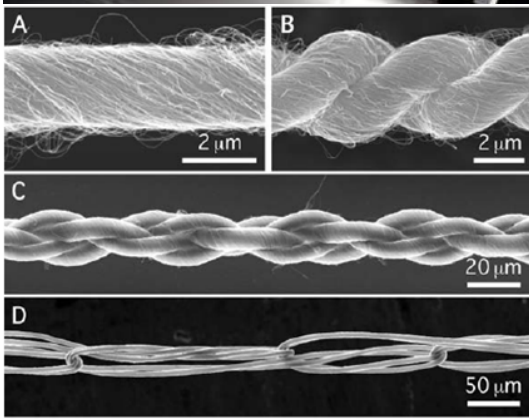
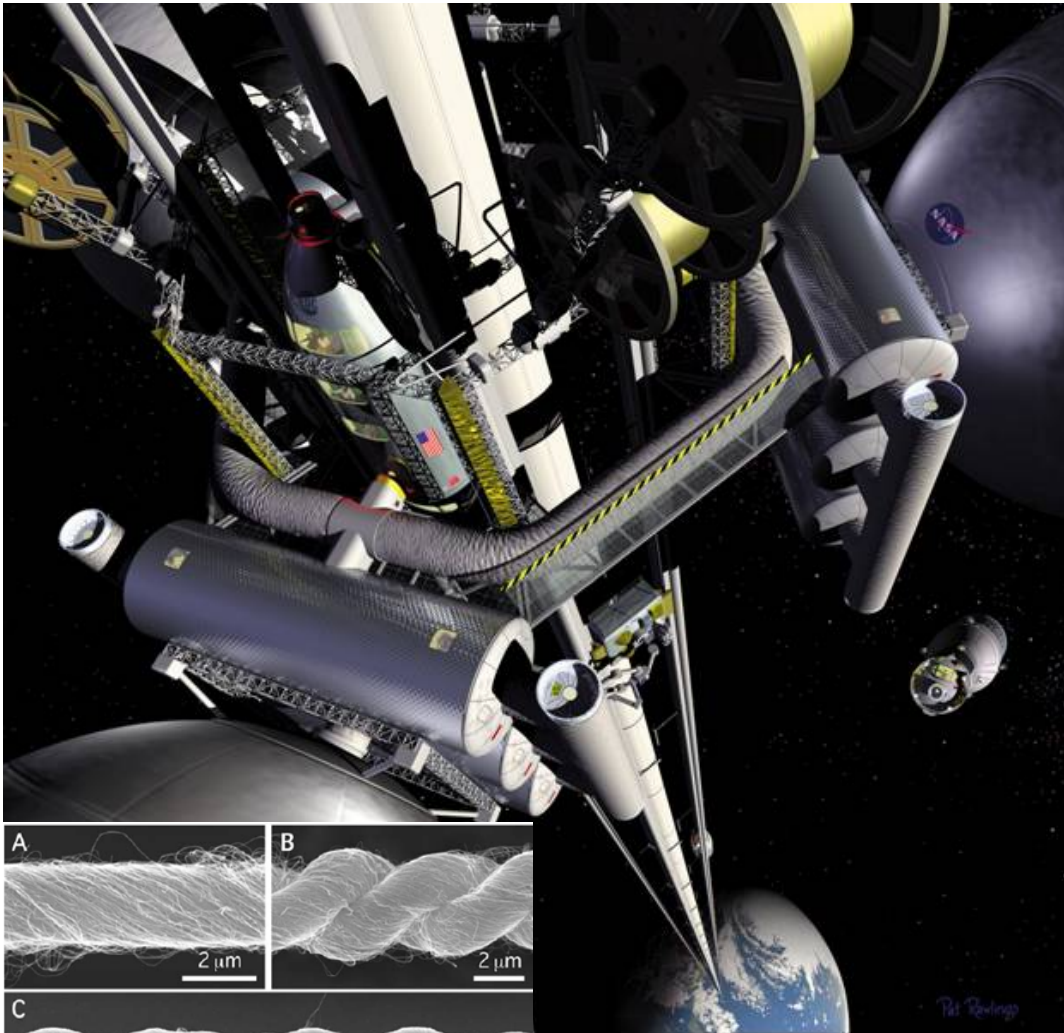
# Флэшка

**64 Гб = 25 нм**

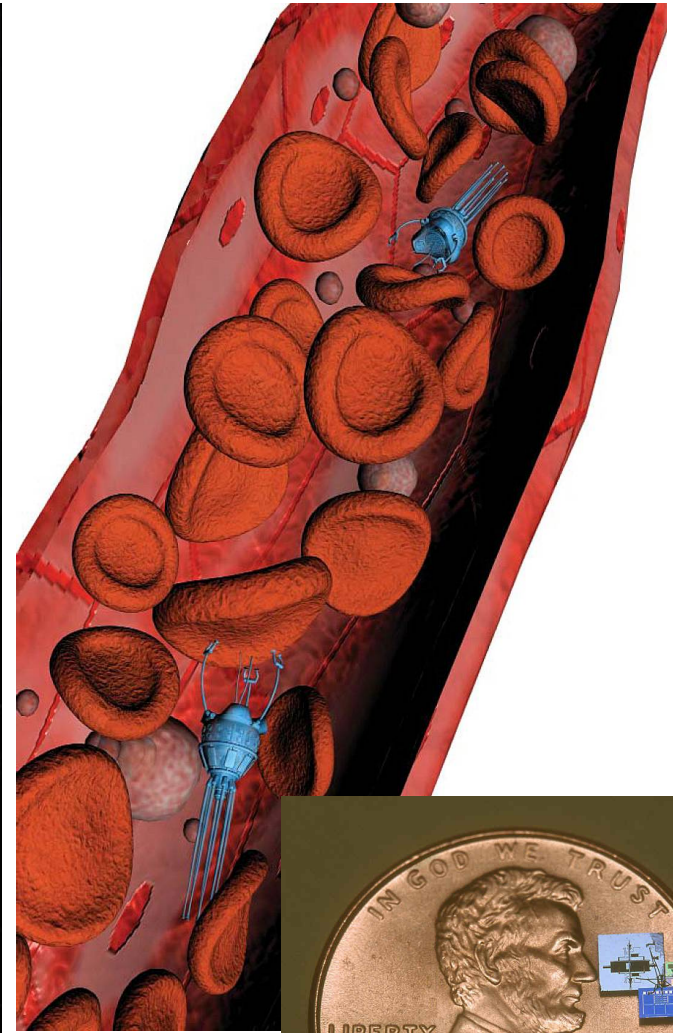
(линейный размер записывающих элементов «флэшки» на 64 Гб составляет в среднем 25 нм)



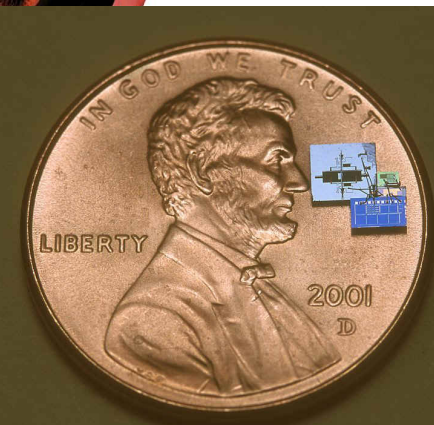
# Футуристическое будущее



**Космический лифт  
из углеродных  
нанотрубок**



**Нанобио-  
роботы  
в сосудах**



# Космический лифт и наноботы

(давайте разберемся!)

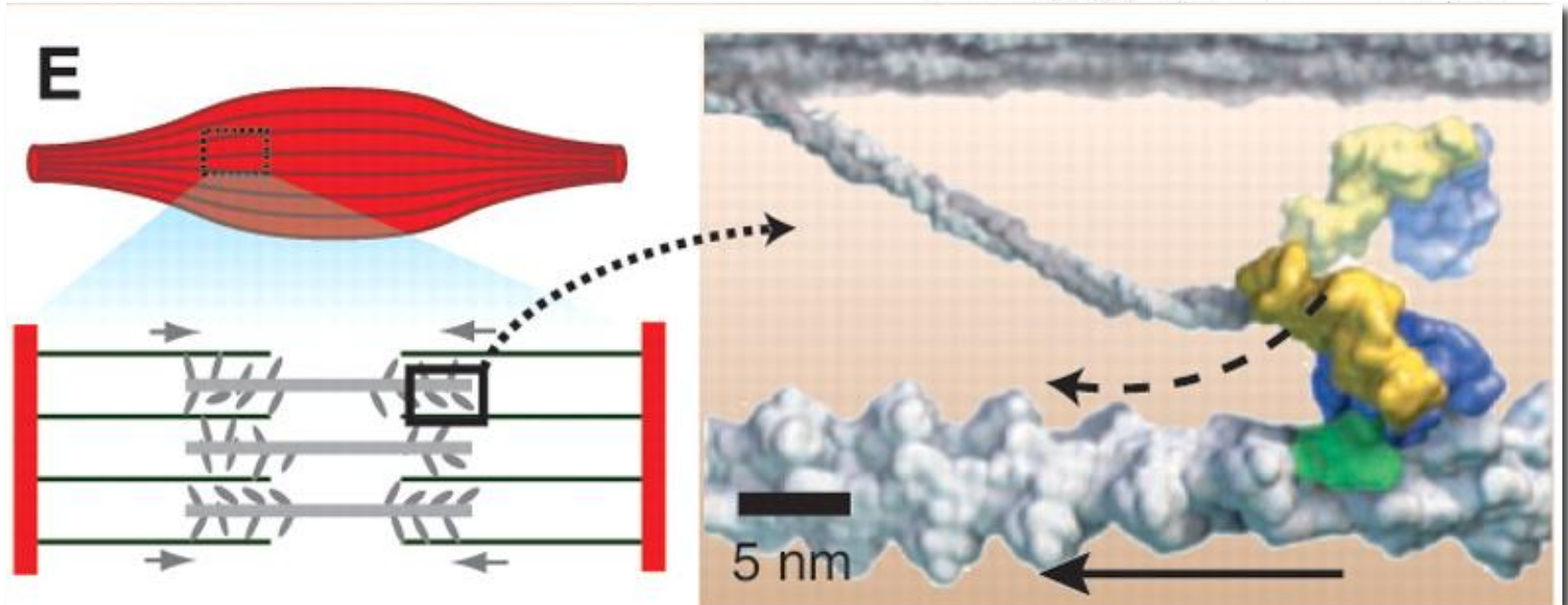
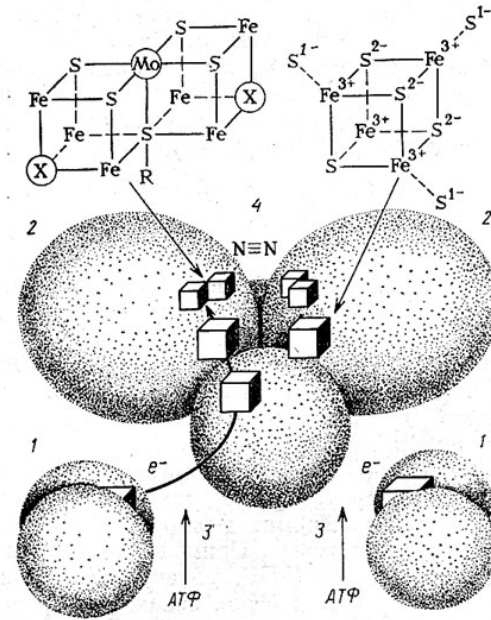
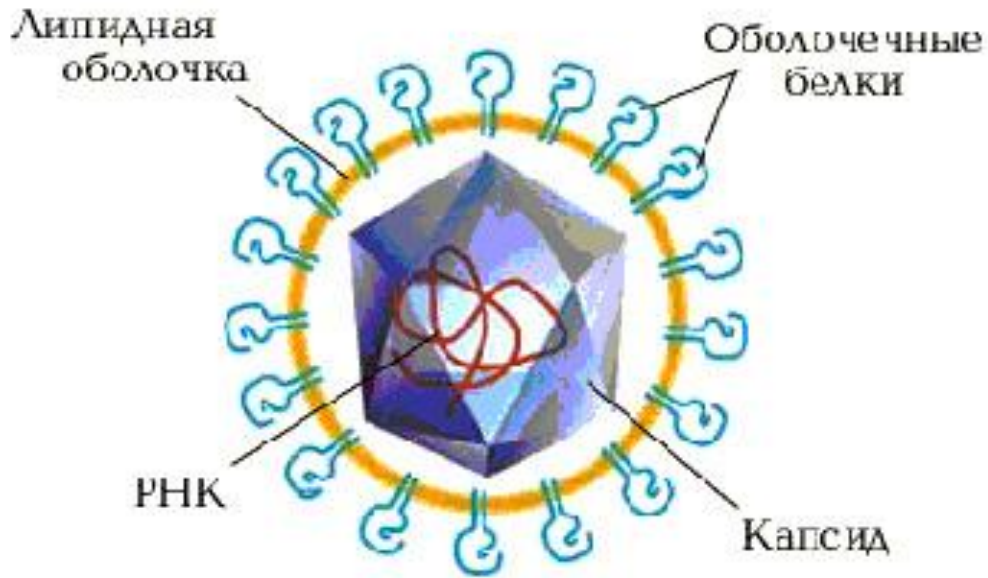


**Ответ: диаметр троса 1 см,  
10 триллионов тонн наноботов,  
40 триллионов лет**

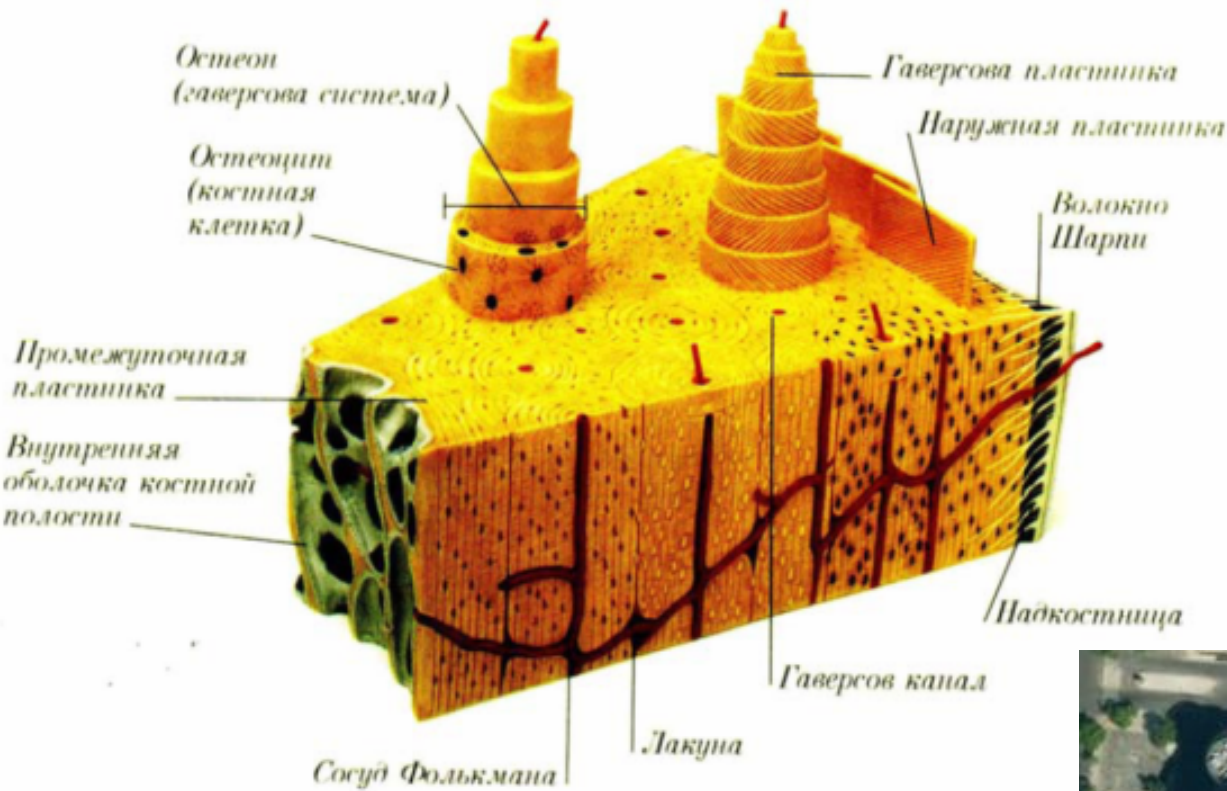
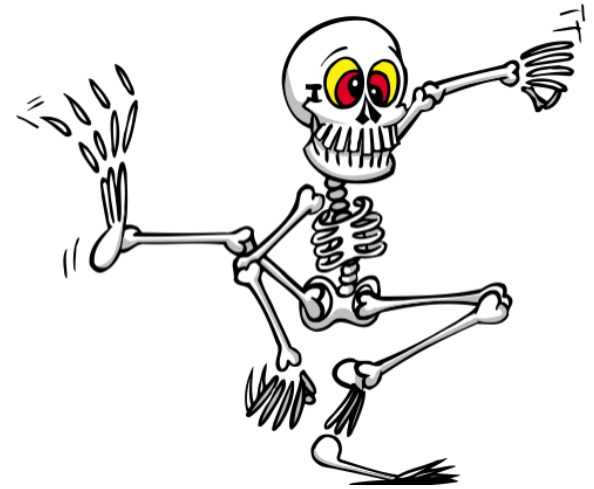
Для того, чтобы сделать трос для «космического лифта» планируется использовать одностенные углеродные нанотрубки, которые являются легким и чрезвычайно прочным материалом. Представьте, что один наноробот массой 0.01 миллиграмма сшивает две одинаковые одностенные углеродные нанотрубки длиной 1 микрон и диаметром 10 нанометров (каждая) за 1 миллисекунду, после чего у него исчерпывается запас энергии, и он «умирает». Затем два таких же наноробота сваривают куски из двух нанотрубок, сделанных предыдущими нанороботами, вместе на всем их протяжении (таким образом, пучок таких нанотрубок будет в два раза длиннее и в два раза толще). И т.д. Процесс прекращается, когда гигантский пучок достигает длины одну тысячу километров. Каков будет диаметр полученного троса? Через какой промежуток времени это произойдет? Какова будет масса погибших в процессе сборки троса нанороботов?



# Молекулярные машины



# Кости



=10

(площадь монослоя чешуек гидроксилапатита из нашего скелета составит десять футбольных полей)

58



# Мыльные пузыри



**0.01 мл = 3.6 м**

(при стенке  
молекулярной  
толщины из 1  
капли раствора  
получается  
пузырь диаметром  
3.6 м.)

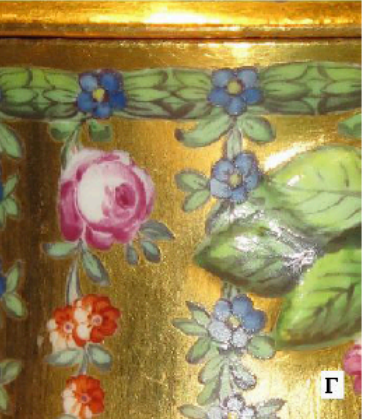


## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 1. Окрашенные предметы

Окраска предметов, представленных на фото, обусловлена содержащимися в них атомами элемента X, расположенном в Периодической системе под номером 79. Назовите элемент X на русском и латинском языках. Поставьте в соответствие приведенным описаниям фотографии предметов.

- (1) Рубиновое стекло содержит наночастицы X размером 10 – 50 нм.
- (2) Пурпурный цвет краски для росписи фарфора и фаянса также вызван частицами X размером менее 100 нм.
- (3) Металл X обладает высокой пластичностью – его можно раскатать в тончайшую фольгу. Тонкая пленка X, вплавленная в стекловидную глазурь, прочно держится на фарфоре.
- (4) Сплавы X с другими металлами имеют различную окраску. Так, например, сплав X с железом имеет белый цвет, с кадмием – серо-зеленый, с медью – красный, а с индием – синий.



Металл (элемент X) – золото, «аурум»

**(1 балл)**

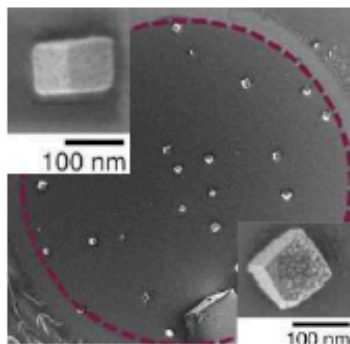
1 – Б, 2 – В, 3 – Г, 4 – А

**(4 балла)**



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 2. Рост наночастиц



В некотором растворе в начальный момент времени присутствуют кубические наночастицы кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ) размером 1 нм. Рассчитайте время (в минутах), за которое эти наночастицы увеличатся в 100 раз, если известно, что каждая наночастица увеличивает свою массу на  $3 \cdot 10^{-15}$  мг в секунду. **(4 балла)** Во сколько раз при этом выросла площадь поверхности наночастицы? **(1 балл)**

Плотность кальцита  $2,7 \text{ г/см}^3$ .

**Всего – 5 баллов**

1) Масса наночастицы в начальный момент времени равна  $m_1 = V_1 \rho = a_1^3 \rho$ .

2) Масса наночастицы в конечный момент времени равна

$$m_2 = V_2 \rho = a_2^3 \rho = (100a_1)^3 \rho = 10^6 a_1^3 \rho.$$

3)  $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ,  $3 \cdot 10^{-15} \text{ мг/с} = 3 \cdot 10^{-21} \text{ кг/с}$ ,  $2,7 \text{ г/см}^3 = 2700 \text{ кг/м}^3$

Время роста составляет

$$t_{\text{min}} = \frac{m_2 - m_1}{60\nu} = \frac{10^6 a_1^3 \rho - a_1^3 \rho}{60\nu} = \frac{(10^6 - 1) \cdot 2700 (10^{-9})^3}{60 \cdot 3 \cdot 10^{-21}} \approx 15 \text{ мин.}$$

4) Площадь поверхности кубической наночастицы вырастет в

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{6a_2^2}{6a_1^2} = \frac{(100a_1)^2}{a_1^2} = 10000 \text{ раз.}$$

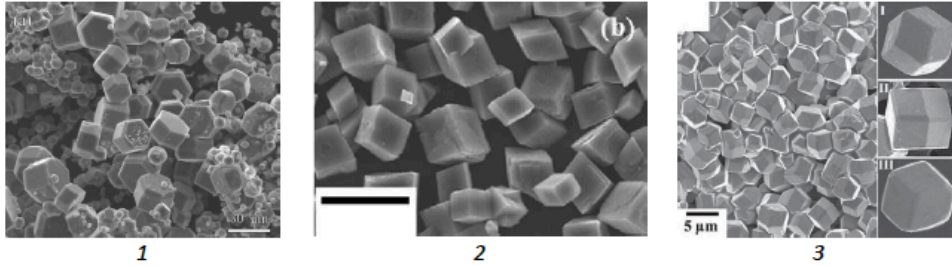


# Юный эрудит (заочный тур)

## Задача 3. В мире нанокристаллов

Нанокристаллы могут образовывать большое количество разнообразных геометрических форм, рассмотреть которые позволяют методы электронной микроскопии. Некоторые из таких форм показаны ниже.

### Сканирующая электронная микроскопия

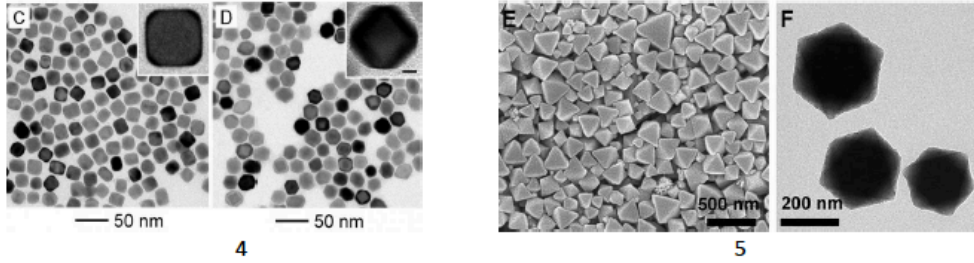


1

2

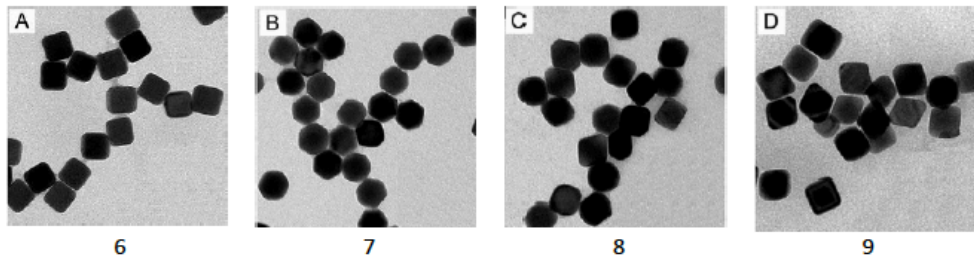
3

### Провечивающая электронная микроскопия



4

5



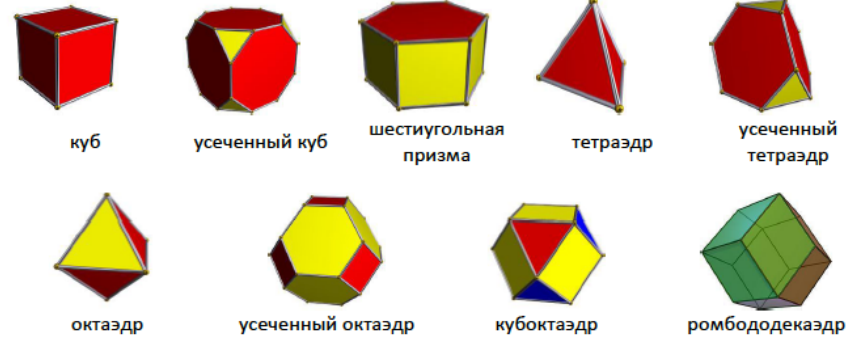
6

7

8

9

Сопоставьте изображения частиц и приведенные ниже многогранники. Учтите, при этом, что кристаллы на изображениях могут располагаться хаотически.



### СЭМ

- 1 – шестиугольная призма;
- 2 – четырехугольная призма с основанием ромб (также засчитывались куб и упоминание грани в виде ромба);
- 3 – ромбододекаэдр.

### ПЭМ

- 4 – с – куб или усеченный куб, d – ромбододекаэдр (также засчитывался кубоктаэдр, который имеет похожую проекцию);
- 5 – октаэдр (баллы также начислялись за выбор тетраэдра или усеченного тетраэдра, поскольку на микрофотографии E подавляющее большинство частиц размещено так, что видно только одну треугольную грань);
- 6 – куб (также засчитывался усеченный куб);
- 7 – кубоктаэдр (также засчитывался усеченный октаэдр);
- 8 – усеченный октаэдр (баллы также начислялись за выбор октаэдра или усеченного тетраэдра);
- 9 – октаэдр (также засчитывался усеченный октаэдр).



Превращение воды в пар – один из способов преобразования солнечной энергии. Оказалось, что для этой цели хорошо подходят некоторые виды грибов. Они отлично поглощают солнечный свет, а их пористая микроструктура способствует переносу воды по капиллярам к месту испарения. Для повышения эффективности грибы «карбонизируют» – превращают органическое вещество в пористый углерод путем длительного нагревания при 500 °С без доступа воздуха.

В эксперименте грибы освещали обычным солнечным светом мощностью 1 кВт/м<sup>2</sup> и измеряли скорость испарения воды, которая оказалась равна 1.1 и 1.4 кг/(м<sup>2</sup>·ч) для обычных и карбонизированных грибов, соответственно. Найдите КПД преобразования солнечной энергии в обоих случаях и решите, можно ли считать грибы эффективным преобразователем солнечной энергии. Теплота испарения воды 2.2 кДж/г.

**Всего – 5 баллов**

Для удобства примем время «работы» грибов 1 ч, а их общую поверхность 1 м<sup>2</sup>. За это время энергия поглощенного света составит

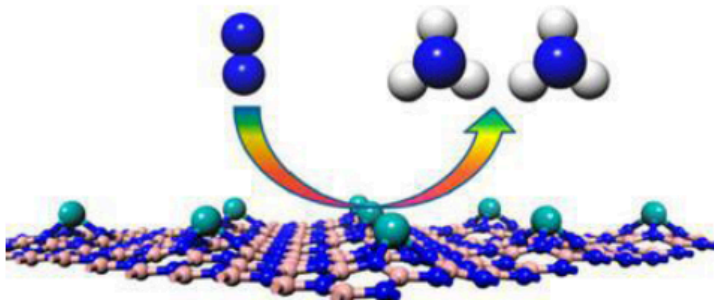
$$E_{\text{погл}} = 1000 \text{ Дж/с} \cdot 3600 \text{ с} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3600 \text{ кДж.} \quad (2 \text{ балла})$$

На испарение воды обычными грибами будет израсходовано

$$E_{\text{исп}} = 1100 \text{ г} \cdot 2.2 \text{ кДж/г} = 2420 \text{ кДж} \quad (2 \text{ балла})$$

Коэффициент преобразования (КПД):  $\eta = E_{\text{исп}} / E_{\text{погл}} = 0.67 = 67\%$ . Для карбонизированных грибов он будет больше в 1.4/1.1 раза, т.е. **86% (1 балл)**. Грибы оказались довольно эффективными устройствами преобразования солнечной энергии.

Правда, энергию пара надо потом превращать в работу, а это приведет к дополнительным потерям, величина которых заранее неизвестна.



Одна из важнейших задач химической промышленности – превращение атмосферного азота в аммиак, из которого получают удобрения и другие полезные вещества. Ежегодно мировая промышленность производит 150 млн. тонн аммиака.

Атмосферный азот очень устойчив и плохо вступает в химические реакции, поэтому синтез аммиака проводят в очень жестких условиях – давление 200 атм, температура 500 °С. Для ускорения реакции применяют катализатор – металлическое железо и промоторы (вещества, помогающие работать катализатору) – оксиды калия, кальция и алюминия.

Однако, при участии наночастиц реакцию можно проводить и в более мягких условиях. Недавние расчеты показали, что одиночные атомы молибдена, нанесенные на монослой нитрида бора, способны эффективно ускорять превращение азота в аммиак. Реакция одной молекулы азота на одном атоме молибдена занимает около 20 с.

1. Напишите химические формулы всех веществ, которые упомянуты в тексте. (2 балла)
2. Рассчитайте, сколько тонн молибдена понадобится, чтобы за год получить 150 млн. тонн аммиака? (3 балла)

Всего – 5 баллов

1.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ , Fe,  $\text{K}_2\text{O}$ , CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Mo, BN.

(по 0.25 балла за формулу)

2. За год на одном атоме Mo прореагирует  $365 \cdot 86400 / 20 = 1\,576\,800 \approx 1.6$  млн. молекул  $\text{N}_2$ , из которых образуется  $1.6 \cdot 2 = 3.2$  млн. молекул  $\text{NH}_3$ . Найдем отношение масс:

$$m(\text{NH}_3) / m(\text{Mo}) = 3.2 \cdot 10^6 \cdot 17 / 96 = 5.6 \cdot 10^5.$$

Таким образом, для синтеза 150 млн. тонн аммиака понадобится  $150 \cdot 10^6 / 5.6 \cdot 10^5 =$  **270 тонн** молибдена. Причем весь металл должен быть атомизирован и нанесен на подложку из монослоя нитрида бора. Это совсем непросто и недешево, поэтому данное открытие имеет скорее фундаментальную, чем практическую ценность.





## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 6. Физический филворд

В поле зашифрованы 11 слов: 10 из них описаны ниже, а одно надо составить из оставшихся букв. Слова не обязательно должны быть записаны в одну линию, они могут содержать изломы (но не по диагонали). Одна буква может принадлежать только одному слову.

О	Н	Ш	Р	К	Л	А	С	Р	Л
Т	И	С	Е	Д	И	Н	Т	Е	Т
Ф	Э	К	Ф	О	Т	Г	Е	Р	Р
Н	А	Н	У	Н	О	Р	О	Т	А
О	Т	Р	К	И	Е	И	Я	С	Н
С	Р	У	А	А	Б	Ц	А	И	З
А	М	Б	К	А	Е	Р	Р	О	М
О	О	П	И	Е	Я	И	Л	Н	Е
Р	Г	Э	Т	А	К	С	Я	А	Т
Н	А	Н	И	З	А	Ц	И	Н	Р

1. Наука, занимающаяся изучением оптических сигналов и возможностью создания устройств на их основе.
2. Погрешность изображения в оптической системе, связанная с отклонением луча.
3. Явление самопроизвольного упорядочения сложной системы.
4. Миллиардная часть метра.
5. Квазичастица, которая представляет собой связанное состояние «электрон-дырка».
6. Упорядоченный рост одного кристалла на поверхности другого.
7. Физик-теоретик, придумавший эксперимент про дуального кота.
8. Полупроводниковый триод.
9. Модификация углерода, электрические свойства которой сильно зависят от структуры.
10. Устойчивое образование, состоящее из нескольких атомов или молекул.

Всего – 6 баллов

О	Н	Ш	Р	К	Л	А	С	Р	Л
Т	И	С	Е	Д	И	Н	Т	Е	Т
Ф	Э	К	Ф	О	Т	Г	Е	Р	Р
Н	А	Н	У	Н	О	Р	О	Т	А
О	Т	Р	К	И	Е	И	Я	С	Н
С	Р	У	А	А	Б	Ц	А	И	З
А	М	Б	К	А	Е	Р	Р	О	М
О	О	П	И	Е	Я	И	Л	Н	Е
Р	Г	Э	Т	А	К	С	Я	А	Т
Н	А	Н	И	З	А	Ц	И	Н	Р

1. Фотоника
2. Абберация
3. Самоорганизация
4. Нанометр
5. Экситон
6. Эпитаксия
7. Шредингер
8. Транзистор
9. Нанотрубка
10. Кластер
11. Фуллерен

Система оценивания

Всего 6 баллов: 1 балл за слово «фуллерен» и по 0.5 балла за каждое из остальных 10 слов.



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 7. Закон Мура действует?..

Известный эмпирический закон Г. Мура предсказывает удвоение количества транзисторов в микрочипах каждые два года за счет уменьшения их топологических размеров. Несмотря на физические ограничения и сложности производства, разработчикам до сих пор удается регулярно внедрять все новые и новые технологические процессы, уменьшая размер элементарных компонентов уже до единиц нанометров и наращивая, таким образом, количество транзисторов на чипе.

1. Каков предельный размер компонентов в технологическом процессе, внедренном в производство к настоящему времени? **(1 балл)**
2. Какой технологический процесс находится сейчас в стадии разработки и должен прийти ему на смену в ближайшее время? **(1 балл)**
3. Первый массовый процессор, выпущенный в 1971 г., содержал 2.3 тыс. транзисторов, а наиболее современный в 2017 г. – около 20 млрд. Действует ли все еще закон Мура? **(3 балла)**

**Всего – 5 баллов**

- 1 – 2. В настоящее время разработан технологический процесс с предельным размером компонентов в 7 нм, в то время как перспективный разрабатываемый процесс позволит уменьшить этот размер до 5 нм.
3. С момента выпуска первого процессора прошло  $\sim 46$  лет. За это время удвоение числа транзисторов должно было случиться 23 раза. Ожидаемое число транзисторов к настоящему времени:

$$2300 \cdot 2^{23} \cong 19.3 \text{ млрд.}$$

Очевидно, что закон Мура продолжает действовать до сих пор!



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 8. Одноэлектронный транзистор

Одноэлектронный транзистор – транзистор нанометрового размера, в котором отдельные электроны могут управлять током транзистора. А сколько электронов протекает через обычный транзистор за  $\tau = 1$  наносекунду, если ток через транзистор  $I = 1$  мА?

Сколько электронов находится на обкладке конденсатора ёмкостью  $C = 1$  нФ, если на него подано напряжение  $U = 1$  В?

**Всего – 4 балла**

$$N = \frac{q}{e} = \frac{I\tau}{e} = \frac{10^{-12}\text{Кл}}{1,6 \cdot 10^{-19}\text{Кл}} = 6,25 \cdot 10^6 \quad (2 \text{ балла})$$

$$N = \frac{CU}{e} = \frac{10^{-9}\text{Кл}}{1,6 \cdot 10^{-19}\text{Кл}} = 6,25 \cdot 10^9 \quad (2 \text{ балла})$$



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 9. Так ли там много места?

Известно, что молекулы газа способны проникать в поры довольно малого размера. Рассчитайте количество таких молекул в цилиндрической поре длиной 100 мкм и диаметром 40 нм, если давление в ней равно 0.5 атм, а температура комнатная (298 К). Газ считать идеальным.

**Всего – 5 баллов**

1. Найдём объём поры:

$$V = SL = \pi R^2 L = \pi \cdot \left( \frac{40 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{2} \right)^2 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 1.257 \cdot 10^{-19} \text{ м}^3$$

2. Количество вещества по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{0.5 \cdot 101325 \text{ Па} \cdot 1.257 \cdot 10^{-19} \text{ м}^3}{8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}} = 2.57 \cdot 10^{-18} \text{ моль}$$

3. Количество молекул:

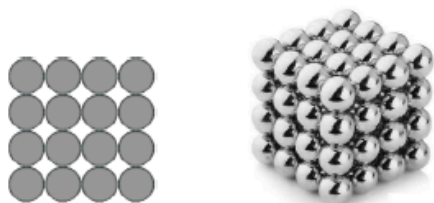
$$N = \nu N_A = 2.57 \cdot 10^{-18} \text{ моль} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \approx 1.5 \text{ млн молекул}$$

**Всего 5 баллов:** Первые два действия – по 2 балла, последнее – 1 балл.



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 10. Олимпиадные нанокластеры



Два школьника получили одинаковые наборы шариков и задание – сложить из них модели нанокластеров, при этом должно остаться как можно меньше шариков.

Первый школьник сложил из шариков модели нанокластеров в виде двух квадратов со сторонами  $(O + 1)$  и  $(4O - 5)$  шариков, лишних шариков при этом не осталось. Второй школьник сложил три модели нанокластеров: один кубик и два квадрата с ребрами, равными  $O$ . При этом у него осталось 2 шарика.

Найдите все возможные значения  $O$ . Сколько шариков при этом было в наборах? Как одно из полученных решений связано с текущей Олимпиадой?

*Примечание: решения кубического уравнения являются делителями свободного члена.*

**Всего – 5 баллов**

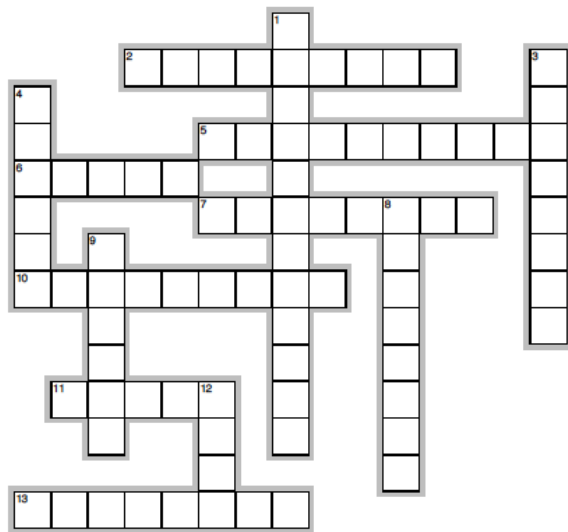
$$\begin{aligned}(O + 1)^2 + (4O - 5)^2 &= O^3 + 2O^2 + 2 \\ O^2 + 2O + 1 + 16O^2 - 40O + 25 &= O^3 + 2O^2 + 2 \\ O^3 - 15O^2 + 38O - 24 &= 0 \\ O = 2 \text{ является решением, число шариков в наборе } &2^3 + 2 \cdot 2^2 + 2 = 18. \\ O = 3, O = 4, O = 6, O = 8 \text{ не являются решением.} \\ O = 12 \text{ является решением, число шариков в наборе } &12^3 + 2 \cdot 12^2 + 2 = \underline{2018}.\end{aligned}$$

Ответ:

$$O = 2 \text{ и } 18$$

Число шариков – **12** и **2018**

**2018** – год проведения очного тура 12-й Интернет-олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее!».



**По горизонтали**

- Исправление поврежденной молекулы ДНК.
- Участок хромосомы, необходимый для распределения гомологичных хромосом по дочерним клеткам.
- Единица генетического кода, тройка расположенных подряд нуклеотидных остатков в ДНК или РНК, кодирующая определённую аминокислоту.
- Фермент, расщепляющий молекулы нуклеиновых кислот.
- Подавление активности генов.
- Участок хромосомы, где расположен определённый ген.
- Последовательность нуклеотидов в гене, к которому присоединяется РНК-полимераза для начала транскрипции.

**По вертикали**

- Синтез РНК с помощью ДНК-матрицы.
- Небольшая кольцевая или линейная молекула ДНК, не включенная в состав хромосом и автономно реплицирующаяся.
- Молекула нуклеиновой кислоты, инструмент для введения генетической информации в клетку.
- Неполовая хромосома.
- Группа совместно транскрибируемых генов, кодирующих совместно или последовательно работающие белки.
- Участок молекулы ДНК или белка.

**По горизонтали**

- Репарация.
- Центромера.
- Кодон.
- Нуклеаза.
- Репрессия.
- Лocus.
- Промотор.

**По вертикали**

- Транскрипция.
- Плазмида.
- Вектор.
- Аутосома.
- Оперон.
- Сайт.



<http://enanos.nanometer.ru>