

## Содержание

Гениальные мысли	3
Задание	5
National Student Team Contest	7
Nanopowder	9
Plasmon resonance	10
Gold and bacteria	11
Nanopuzzles	12
Porous metal from ionic cluster	13
Юный эрудит	14
Окрашенные предметы	17
Рост наночастиц	18
В мире нанокристаллов	19
Грибы и солнечная энергия	21
Катализатор из одного атома	22
Физический филворд	23
Закон Мура действует?..	24
Одноэлектронный транзистор	25
Так ли там много места?	26
Олимпиадные нанокластеры	27
Сложно быть жирафом	28
Это животное обитает в ...	29
Все о микрофлоре	34
Кроссворд	35
Нанопилворд	37
Генетический кроссворд	38
Химия для школьников	39
Отделение воды от нефти	42
Деградация красителя	44
Желтые кристаллы	46
Неорганические люминофоры	48
Синтез полупроводника	49
Оксидные соты	50
Новые материалы для литий-ионных аккумуляторов	51
Магнитные наночастицы	52
Там еще есть пустое место!	53
Моделирование и синтез каркасных наноструктур	54
Физика для школьников	55
Двойная нанопленка	58
Покрытия для солнечных элементов	59
Магнетронное напыление	60

Нагрев электронным пучком	61
Наноспутники	62
Дифракция на нанокристаллах	63
Фотоэлектронная спектроскопия наноматериалов	64
Наносенсор на вирусы	65
Из крайности в крайность	66
Автостопом на комете	67
<b>Биология для школьников</b>	<b>68</b>
Нанороботы в системе кровообращения	70
Эндосимбиоз в клетках	71
Урок зельеварения	72
Приключения Ясона и Геракла	73
«Прививка от Кроша»	74
Синдром Рефсума	75
Митохондриальные заболевания	76
Светящиеся в темноте	77
Вот это поворот!	80
Вижу цель, не замечаю препятствий	81
<b>Математика для школьников</b>	<b>84</b>
G-квадруплексы	86
Тетраэдры и пирамиды	87
Рост дендримера	88
Пористый материал	89
Полые металлические кластеры	90
ДНК для хранения информации: от теории к практике	91
Золотые октаэдры	94
Наноторы из нанотрубок: от больших к самому маленькому	95
Фуллерены	96
Изомерия икосаэдрических фуллеренов	97
<b>Конкурс тьюторов</b>	<b>98</b>
Задание	99
<b>Просто о сложном</b>	<b>102</b>
Задание	103

проекты



## Гениальные мысли

Гениальные мысли

Категория участников: школьники 7-11 классов

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.

### Задание

Развитие проектной деятельности является тенденцией современного школьного образования. В то же время, очень часто под проектом понимается просто презентация или реферат, подготовленные школьником на основании данных сети Интернет или других сомнительных источников. В рамках конкурса «Гениальные мысли» рассматриваются только творческие, самостоятельные работы школьников или их исследовательские работы, выполненные самостоятельно, в области нанотехнологий в наиболее широком их понимании. Основным критерием для участия в конкурсе служит оригинальность выполненной работы и ее продуманное изложение самим школьником в виде автореферата – краткого пояснения сути и основных результатов своей собственной работы, в соответствии с предлагаемым в Конкурсе планом. При этом работа может быть полностью завершена или же это может быть все еще идущий, не до конца заверченный или даже планируемый экспериментальный проект, а также творческая работа. Во всех случаях подготовленный школьником автореферат является конечной и единственной работой на конкурс, призванной убедить Жюри конкурса в обоснованности, реалистичности, актуальности, новизне, оригинальности материала, предоставляемого школьником в кратком изложении.

Для участия в творческом конкурсе проектных работ «Гениальные мысли» необходимо изложить в соответствии с предложенным шаблоном «Автореферата школьного проекта» (файл с заданием ниже) краткое содержание уже подготовленного, идею готовящегося или основную мысль возможного школьного проекта научно-исследовательского характера, имеющего отношение к наноматериалам и нанотехнологиям, или, если проект нет возможности выполнить, свою творческую работу. По результатам отборочного тура лучшие работы или идеи будут доложены на очном туре Олимпиады.

На конкурс принимаются только индивидуальные заявки.

Более подробная информация приведена в положении о конкурсе.





## Конкурс для школьников «Гениальные мысли» (заочный тур) Форма заявки на участие в конкурсе – автореферат проекта

Жюри будет оценивать смысл работы и ее близость к области нанотехнологий, оригинальность и качество подготовки автореферата, в том числе лаконичность. **Просьба не превышать общий размер работы – не более 10 страниц.** Формат текста – Times New Roman, размер шрифта – 12 pt, расстояние между строками в абзаце – один интервал. Формат файла – \*.pdf.

Ниже указаны разделы автореферата с пояснениями и максимальными баллами за каждый раздел. Требуется внимательно, вдумчиво и достаточно лаконично заполнить все разделы, сохранив их нумерацию. В работу допускается вставлять небольшое разумное количество самых важных картинок. Не следует вместо автореферата подавать на конкурс саму проектную работу, это приведет к снижению количества баллов за данный конкурс. Подавая работу на конкурс, участник тем самым гарантирует, что он **самостоятельно подготовил настоящий автореферат и получил согласие соавторов на участие в конкурсе.**

### 1. Название работы. (1 балл)

Название должно иметь отношение к области нанотехнологий в широком их понимании.

### 2. Соответствие области нанотехнологий. (5 баллов)

Объясните кратко, почему эта работа относится именно к области нанотехнологий. В своих объяснениях не обязательно следовать общепринятому мнению, однако в этом случае следует доказать правоту своей точки зрения и убедить в этом Жюри.

### 3. Основная идея работы, цели, задачи. (3 балла)

Сформулируйте кратко, какова основная идея работы, что должно быть достигнуто в работе – цель работы, за счет выполнения каких задач последовательно будет достигаться основная цель.

### 4. Актуальность и новизна работы. (3 балла)

Сформулируйте кратко, почему работа интересна другим людям, обществу, науке, в чем состоит актуальность работы в целом, а также, что нового предлагается в работе по сравнению с тем, что, возможно, делали другие.

### 5. Основные результаты. (30 баллов)

Основная часть работы в произвольной форме, со ссылками и иллюстрациями, до 3-7 страниц. Основная часть должна быть самодостаточной и описывать как эксперимент, так и основные результаты (или же творческий полет мысли). В результате прочтения основной части Жюри должно убедиться, что все ранее приведенные задачи работы выполнены и цель всей работы достигнута.

### 6. Выводы, заключение, перспективы. (5 баллов)

Данный раздел не должен дублировать задачи, но выводы должны конкретно продемонстрировать выполнение задач работы, а также кратко изложить основные достижения работы и все то новое и оригинальное, что удалось установить автору в ходе выполнения работы.

**7. Список цитированных источников. (1 балл)**

*Список должен быть аккуратен и позволить Жюри судить, что автор работы знает не только свою, но и чужие работы по выбранной тематике.*

**8. Список достижений участника. (2 балла)**

*Конкурсы, публикации, ссылки в Интернете в рамках выполнения данной темы / проекта.*

**Всего – 50 баллов**



## National Student Team Contest

National Student Team Contest

Категория участников: bachelor and master students

The competition among bachelor and master students of higher school in Russia considering theoretical and creative tasks in English based on nanotechnology and nanomaterials subjects. The tasks are design to select the best **national team members** for participation in the International Nano Olympiad (INO) contest on nanotechnology as determined by annual regulations of INO.

### Задания

#### 1. Nanopowder

The white powder A containing 9,66 wt.% of nitrogen can be prepared with high yield by Skraup reaction from 2-aminophenol. The reaction of A with lead acetate and sodium perchlorate in methanol gave the single crystals of B. The compound B has a molecular structure...

#### 2. Plasmon resonance

Proteins in living cells perform their functions in pairs and groups. One of the methods which allows investigation of molecular interaction is surface plasmon resonance (SPR). SPR occurs when polarized light strikes an electrically conducting surface, often gold films, at the interface between two media...

#### 3. Gold and bacteria

Unusual bacteria **X** excrete molecules **B** which bind selectively gold ions and turn them into gold nanoparticles (Fig. (a), I, for comparison are shown bacteria not producing **B**: cells II and III). **B** production increases with the iron concentration decrease in the medium...

#### 4. Nanopuzzles

The scheme above describes the synthesis of some kind of homologous nanoobjects **Z**, starting from simple compounds. Schematically draw the structures of nanoobjects **Z1**, **Z2**, **Z3**. What are

the stoichiometries for their formation reactions and what are their charges?..

## 5. Porous metal from ionic cluster

Metal clusters are the smallest nano-scale compounds which could be applied as precursors for mesoporous materials and metal nanoparticles. Substance A is an ionic compound with a metal cluster-anion of the general formula  $[(C_2H_5)_4N]_3^+[X]^{3-}$  which demonstrates catalytic activity in hydration reactions...



## National Student Team Contest (first stage)

### Task 1. Nanopowder

The white powder A containing 9,66 wt.% of nitrogen can be prepared with high yield by Skraup reaction from 2-aminophenol. The reaction of A with lead acetate and sodium perchlorate in methanol gave the single crystals of B. The compound B has a molecular structure and consists of tetramers that form a supramolecular ensemble. Heating of B with potassium hydroxide solution gives a white precipitate C containing 28,16 % of K, 25,63 % of Cl and oxygen. From 12,7 g of B 2,77 g of C can be obtained.

IR ( $\text{cm}^{-1}$ ) selected bands of compound B: 725(s), 818(vs), 1102 (s), 1227(vs), 1316 (s), 1380 (s), 1493(s), 1561 (s), 3040 (w), 3423 (w)

Using ultrasonic irradiation the nanoscale B can be obtained.

1. What are the compounds A, B, C? **(6 points)**
2. What is formed after heating of B prepared by a traditional and ultrasonic methods? **(2 points)**
3. Make a sketch with crystal structure of B, using a schematic representation of A molecules. Note that one half of lead atoms in B has a  $[\text{O}_3\text{N}_2]$  environment, the other – a  $[\text{O}_4\text{N}]$  environment. **(2 points)**

**Total – 10 points**



## National Student Team Contest (first stage)

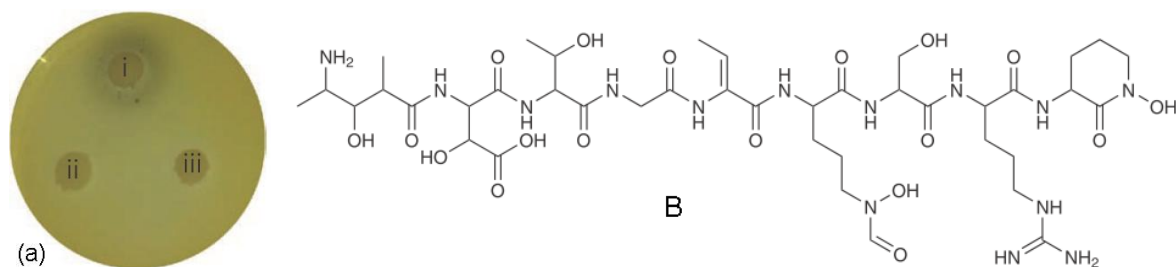
### Task 2. Plasmon resonance

Proteins in living cells perform their functions in pairs and groups. One of the methods which allows investigation of molecular interaction is surface plasmon resonance (SPR). SPR occurs when polarized light strikes an electrically conducting surface, often gold films, at the interface between two media. This generates electron charge density waves called plasmons, reducing the intensity of reflected light at a specific angle known as the resonance angle, in proportion to the mass on a sensor surface.

1. What kind of molecules can be investigated with this technique? What parameters of interactions of molecules can be determined? **(1 point)**
2. What are the main limitations of this method? **(2 points)**
3. What other techniques allows obtaining the same parameters as SPR? **(1 point)**
4. Propose a “molecular fishing” protocol to identify ligands specifically interacting with a molecule of interest in a complex media, for example cell lysate. What methods should be used? **(2 points)** How can nanotechnology help to improve the method? **(0,5 points)** Why is it necessary to use SPR at the last stage of a protocol? **(0,5 points)**
5. Suggest an example of application of the proposed protocol to find a ligand to the target molecule, which would help in drug design. **(3 points)**

**Total – 10 points**

**National Student Team Contest (first stage)**  
**Task 3. Gold and bacteria**



Unusual bacteria **X** excrete molecules **B** which bind selectively gold ions and turn them into gold nanoparticles (Fig. (a), I, for comparison are shown bacteria not producing **B**: cells II and III). **B** production increases with the iron concentration decrease in the medium:

[Fe <sup>3+</sup> ]	0	100 nM	1 μM	10 μM	100 μM
[B], μM	206	196	149	21	2.2

1. Explain such an unusual behavior of bacteria **X**. Where could we find such bacteria? **(2 points)**
2. Mark the main structural features of **B** which could assist in gold nanoparticles production, give the examples of simple compounds used in gold nanoparticles synthesis, which possess these functional groups. **(3 points)**
3. Explain the influence of iron ions on **B** production. Describe a possible evolutionary mechanism for evolving **B** in the bacteria. Give an example of similarly evolved features in nature. **(4 points)**
4. How could these properties of the bacteria and **B** be utilized? **(1 point)**

**Total – 10 points**

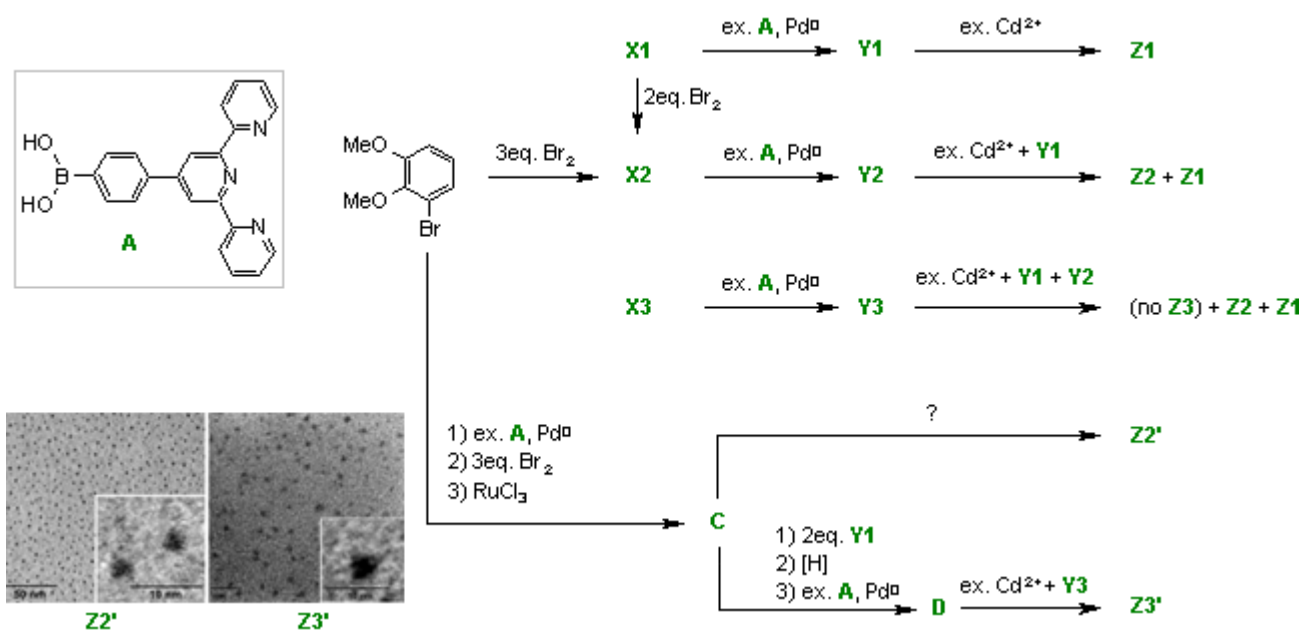


Fig. 1. Scheme: ex. = excess, eq. = equivalents,  $Pd^0 = Pd(PPh_3)_4$ ; [H] = reduction of transition metal to 2+; (no **Z3**) = only insoluble polymer was formed instead of expected **Z3**.

Inset: TEM images of **Z2'** and **Z3'**.

The scheme above describes the synthesis of some kind of homologous nanoobjects **Z**, starting from simple compounds.

1. Schematically draw the structures of nanoobjects **Z1**, **Z2**, **Z3**. (2 points)  
What are the stoichiometries for their formation reactions and what are their charges? (2 points)  
Give the structures of **X1**, **X2**, and **X3** if **Z1** has no isomers. (2 points)  
What are the differences between **Z** and **Z'** in the pairs **Z2** / **Z2'** and **Z3** / **Z3'**? (1 point)
2. Explain the main ideas of **Z2'** and **Z3'** synthesis (compared to **Z2** and **Z3**) and propose the way to obtain **Z2'** from **C**. (3,5 points)
3. Using the bond lengths roughly estimate the sizes of **Z1**, **Z2**, **Z3** as the diameters of the circumscribed spheres. (1,5 points)

**Total – 12 points**





## National Student Team Contest (first stage)

### Task 5. Porous metal from ionic cluster

Metal clusters are the smallest nano-scale compounds which could be applied as precursors for mesoporous materials and metal nanoparticles. Substance A is an ionic compound with a metal cluster-anion of the general formula  $[(C_2H_5)_4N]^+_3[X]^{3-}$  which demonstrates catalytic activity in hydration reactions decreasing the temperatures of processes up to room temperature. The corresponding IR spectrum of the substance A (in acetonitrille) contains the following characteristic modes: 1993s, 1991s, 1837m, 1816sh which belong to ligands in the cluster anion.

Thermal decomposition of 1.000 g of the substance A in  $H_2/Ar$  leads to 0.574 g of high-pure metal with mesoporous sponge-like structure. According to the XRD data for the metal product the characteristic coherence length is about  $9\pm 1$  nm that correlates with  $5\pm 1$  nm obtained from TEM micrograph statistic analysis. The gas-phase products of decomposition are carbon monoxide, water, and nitrogen in a molar ratio of 34 : 20 : 1.

1. Find the composition of the ionic compound A. **(2 points)**
2. What kind of ligand is presented by the given IR vibration modes? **(1 points)**
3. Propose the structure for the cluster anion. **(4 points)**
4. Propose the synthesis method with the maximum yield of substance A. **(2 points)**
5. Estimate the specific surface area of the metal sponge-like decomposition product. **(1 points)**

**Total – 10 points**



## Юный эрудит

Юный эрудит

Категория участников: школьники 5-7 классов

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

### Задания

#### 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...

#### 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...

#### 3. В мире нанокристаллов

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

#### 4. Грибы и солнечная энергия

Преобразование 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...

## 5. Катализатор из одного атома

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...

## 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...

## 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...

## 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?..

## 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...

## 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  $(\mathbf{0} + 1)$  и  $(4\mathbf{0} - 5)$  шариков...

## 11. Сложно быть жирафом

Жираф – самое высокое наземное животное. Высота самцов жирафа может превышать 6 метров (треть из которых приходится на шею), а вес может достигать двух тонн (в среднем немного выше тонны). Это позволяет жирафам питаться листьями с высоких крон деревьев...

## 12. Это животное обитает в ...

Ниже представлены фотографии 10 животных, обитающих в разных регионах мира. Под каждой фотографией приведено утверждение, касающееся места обитания этого животного. Укажите, истинны (и) или ложны (л) приведенные ниже утверждения...

## 13. Все о микрофлоре

С экранов телевизоров, рекламных щитов и просто в разговоре мы можем часто услышать: "Это нарушена микрофлора кишечника". Пострадавшим советуют пить живые йогурты, ряженку и кефир, чтобы эту самую микрофлору восстановить. Пожалуйста, ответьте на следующие вопросы...

## 14. Кроссворд

По горизонтали: 1. Способ создания сложного путем объединения простого (рис. 1г). 8. Длинный и тонкий материал (рис. 8г). 10. «Гроздь» атомов (рис. 10г). 11. Нано-... – один из самых распространенных объектов нанотехнологий. 12. Рис. 2в, а также 18г...

## 15. Нанофилворд

На поле размером 12 на 16 букв зашифрованы 14 слов, имеющих то или иное отношение к нанотехнологиям. Способ поиска показан на примере слова «олимпиада» (горизонтально слева направо или вертикально сверху вниз)...

## 16. Генетический кроссворд

По горизонтали: 2. Исправление поврежденной молекулы ДНК. 5. Участок хромосомы, необходимый для распределения гомологичных хромосом по дочерним клеткам. 6. Единица генетического кода, тройка расположенных подряд нуклеотидных остатков в ДНК или РНК...



## 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.

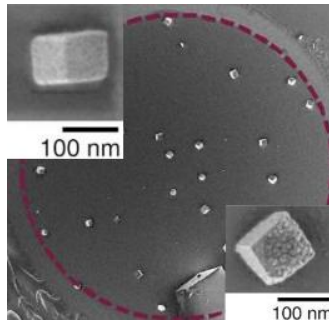


Всего – 5 баллов



## 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**

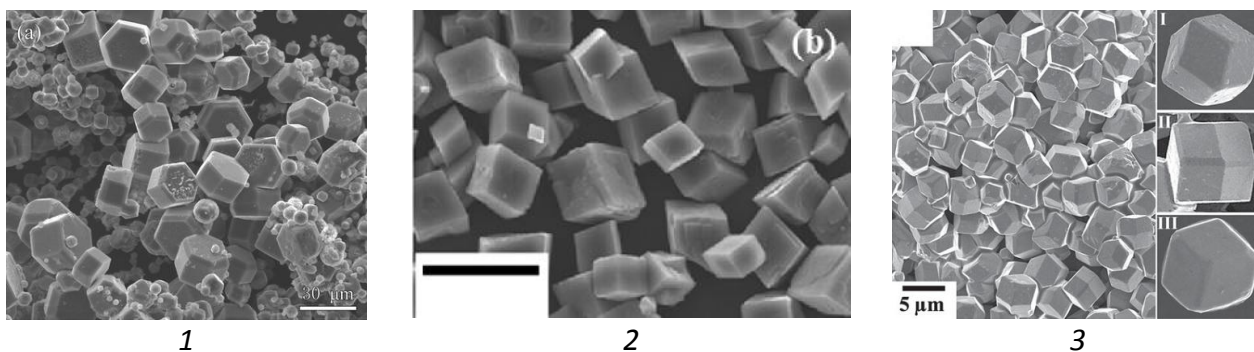




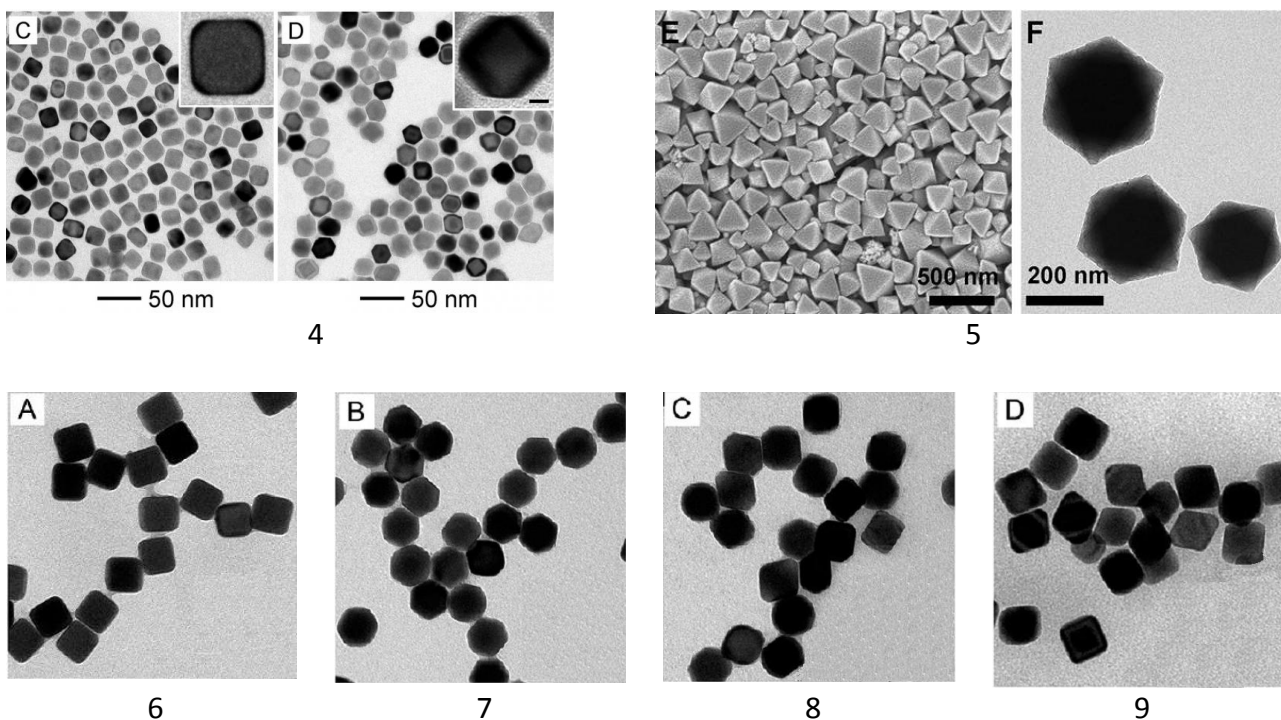
**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Задача 3. В мире нанокристаллов**

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

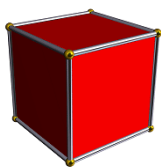
*Сканирующая электронная микроскопия*



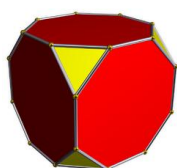
*Просвечивающая электронная микроскопия*



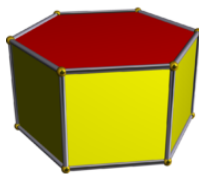
Сопоставьте изображения частиц и приведенные ниже многогранники. Учтите, при этом, что кристаллы на изображениях могут располагаться хаотически.



куб



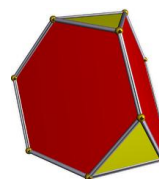
усеченный куб



шестиугольная  
призма



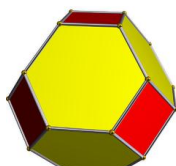
тетраэдр



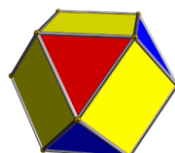
усеченный  
тетраэдр



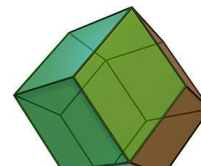
октаэдр



усеченный октаэдр



кубоктаэдр



ромбододекаэдр

**Всего – 6 баллов**





## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 4. Грибы и солнечная энергия



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.

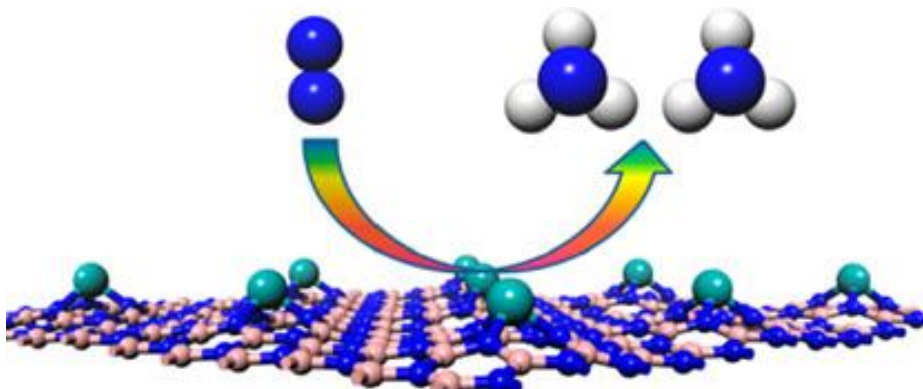
В эксперименте грибы освещали обычным солнечным светом мощностью 1 кВт/м<sup>2</sup> и измеряли скорость испарения воды, которая оказалась равна 1.1 и 1.4 кг/(м<sup>2</sup>·ч) для обычных и карбонизированных грибов, соответственно. Найдите КПД преобразования солнечной энергии в обоих случаях и решите,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

**Всего – 5 баллов**



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 5. Катализатор из одного атома



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**



**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**



## 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**



## 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**



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 9. Так ли там много места?

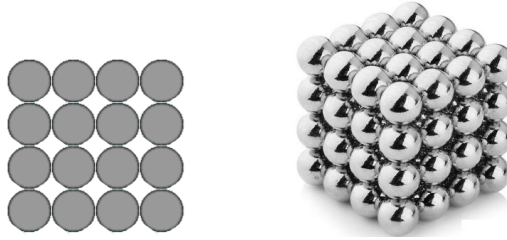
Известно, что молекулы газа способны проникать в поры довольно малого размера. Рассчитайте количество таких молекул в цилиндрической поре длиной 100 мкм и диаметром 40 нм, если давление в ней равно 0.5 атм, а температура комнатная (298 К). Газ считать идеальным.

**Всего – 5 баллов**



## 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**



## Юный эрудит (заочный тур) Задача 11. Сложно быть жирафом



Жираф – самое высокое наземное животное. Высота самцов жирафа может превышать 6 метров (треть из которых приходится на шею), а вес может достигать двух тонн (в среднем немного выше тонны). Это позволяет жирафам питаться листьями с высоких крон деревьев. Однако наличие такого большого роста приводит к особенностям поведения и физиологии жирафа. Ниже мы предлагаем Вам ответить на несколько простых вопросов о жирафе. Укажите, истинны (и) или ложны (л) приведенные ниже утверждения. За каждый правильный ответ вы получаете 0.5 балла.

1. У жирафа шея состоит из 29 шейных позвонков.
2. Жирафы не общаются при помощи звуков.
3. Жирафы – обитатели тропических лесов.
4. Кровяное давление у жирафа гораздо выше, чем у человека.
5. Артериальная кровь жирафа насыщена кислородом так же, как и у человека.
6. Жирафы – «марафонцы» и способны пробегать на большие расстояния.
7. Жирафы редко пьют воду.
8. В кровеносных сосудах шеи у жирафов есть специальные клапаны, защищающие его мозг от чрезмерного потока крови при опускании головы (отсутствие таких клапанов могло привести к смерти животного).
9. Высокий рост жирафа приводил бы к постоянным отекам ног, поэтому в его организме существует ряд адаптационных механизмов (в сердечно-сосудистой системе и коже), препятствующих этому.
10. Жирафы всегда поднимаются медленно, поскольку при резком подъеме может возникнуть недостаток кислорода в мозге, что приведет к обмороку животного.

Представим, что были разработаны специальные нанороботы, которые не отвергаются иммунной системой жирафа и способны переносить кислород. Прокомментируйте, изменится ли истинность или ложность вышеприведённых утверждений. Учтите, что комментарий будет зачитываться только, если вы приведете аргументы за или против (не нужно писать подробно, но постарайтесь делать логичные утверждения!), за каждый правильный комментарий вы получаете **0,5 баллов**.

**Всего – 10 баллов**





## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 12. Это животное обитает в ...

Ниже представлены фотографии 10 животных, обитающих в разных регионах мира. Под каждой фотографией приведено утверждение, касающееся места обитания этого животного. Укажите, истинны (и) или ложны (л) приведенные ниже утверждения. За каждый правильный ответ вы получаете 0.5 балла.

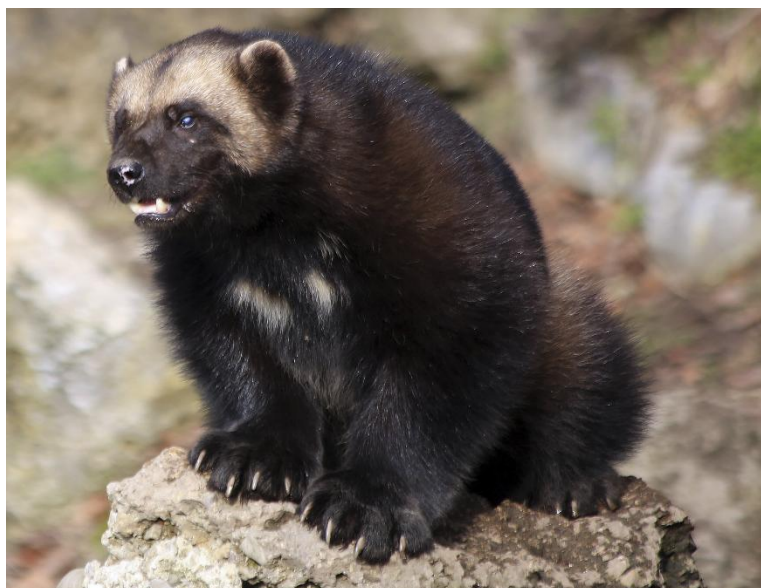
1. Это животное обитает в Латинской Америке.



2. Это животное обитает в Арктике.



3. Это животное обитает в Евразии и Северной Америке.



4. Это животное обитает в Австралии.



5. Это животное обитает в Африке.



6. Это животное обитает в Евразии и Северной Америке.



7. Это животное обитает в Африке.





8. Это животное обитает в Папуа Новой Гвинее и Австралии.



9. Это животное обитает в Австралии.



10. Это животное обитает в центральной Азии (юго-западе Китая).

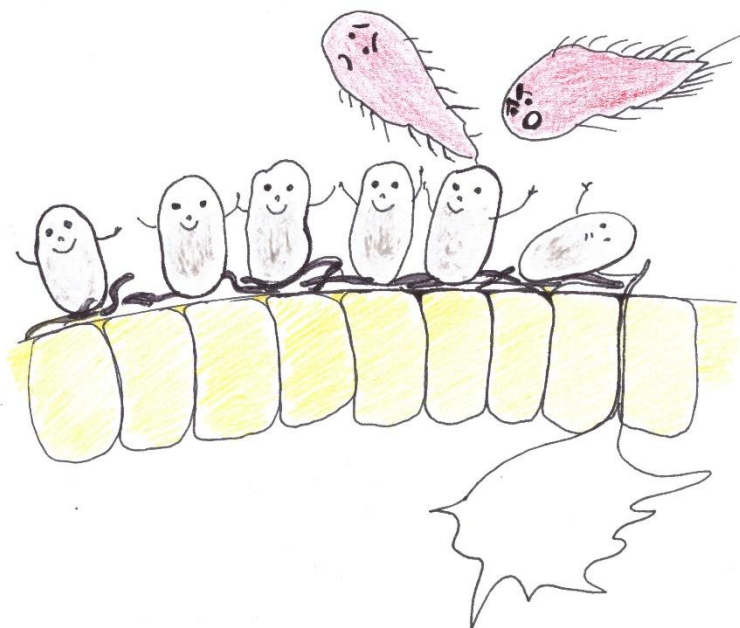


Одно из этих животных может модифицировать свою окраску, используя наноструктуры. Укажите это животное (**2 балла**), кратко объясните, в результате чего это происходит (**1 балл**). Укажите источник информации, который вы использовали для ответа на этот вопрос (академичность ссылок приветствуется). (**2 балла**)

**Всего – 10 баллов**



## Юный эрудит (заочный тур) Задача 13. Все о микрофлоре



С экранов телевизоров, рекламных щитов и просто в разговоре мы можем часто услышать: "Это нарушена микрофлора кишечника". Пострадавшим советуют пить живые йогурты, ряженку и кефир, чтобы эту самую микрофлору восстановить. Пожалуйста, ответьте на следующие вопросы:

1. Что это такое, микрофлора кишечника? Из чего (или кого) она состоит и какие функции выполняет? Откуда микрофлора в кишечнике берется?
2. Почему йогурты и кефир помогают восстановить микрофлору?
3. Какие воздействия на человеческий организм негативно влияют на микрофлору кишечника?
4. Что такое "патогенная" и "полезная" микрофлора?
5. Почему для подавления "патогенной" микрофлоры на слизистых носоглотки иногда используют раствор коллоидного серебра, а для кишечника – нет?

**Всего – 5 баллов**



## Юный эрудит (заочный тур)

### Задача 14. Кроссворд

#### По горизонтали

1. Способ создания сложного путем объединения простого (рис. 1г).
8. Длинный и тонкий материал (рис. 8г).
10. «Гроздь» атомов (рис. 10г).
11. Нано-... – один из самых распространенных объектов нанотехнологий.
12. рис. 2в, а также **18г**.
13. Способ защиты организма от подобных **12г** объектов.
14. Мера на 9 порядков меньше.
16. Плоская и тонкая.
17. Широко известный **4в** (рис. 17г).
18. Размером 80 нм, иногда «устраивает» **6в** (рис. 18г).

#### По вертикали

2. **12г** для бактерий (рис. 2в).
3. Нанопоглотитель (рис. 3в).
4. Наночасть из **7в**, за его открытие вручена Нобелевская премия по химии (рис. 4в).
5. Единица наследственной информации.



6. Внеплановые «каникулы» из-за **12г** (и **18г**).
7. За его получение тоже дали Нобелевскую премию, но по физике.
9. Белковая «одежда» **12г, 18г** и **2в**, (рис. 9в).
10. Рис. 10в.
15. «Домашний» источник наночастиц (рис.15в).
16. Узкий туннель в веществе (рис. 16в).

**Всего – 10 баллов**





**Юный эрудит (заочный тур)**

**Задача 15. Нанofilворд**

С	Ъ	Ю	Т	А	Н	И	Г	У	Ч	И	Л	О	Ж	К	А
А	Ж	Р	Б	С	В	Е	Т	О	Д	И	О	Д	Ц	Ц	В
Б	Д	Ц	О	Л	И	М	П	И	А	Д	А	Ы	Щ	Ч	Т
А	Ь	М	Е	Т	А	М	А	Т	Е	Р	И	А	Л	Ю	Р
К	Л	О	Т	О	С	Т	А	Р	Е	Л	К	А	Ъ	П	А
А	Г	М	И	С	К	А	Н	Т	И	Л	Е	В	Е	Р	Н
Т	Г	Р	А	Ф	Е	Н	Ч	А	Ш	К	А	Л	Х	Г	З
Е	П	Ь	Е	З	О	Э	Ф	Ф	Е	К	Т	П	Ц	Ы	И
Н	О	П	А	Л	Д	Ю	Б	О	Ш	Е	Х	В	Э	Г	С
А	Ч	А	Й	Н	И	К	О	С	А	Э	Д	Р	Й	Й	Т
Н	Д	Ж	Ъ	Ч	К	Н	О	В	О	С	Е	Л	О	В	О
Й	Я	О	Е	И	П	Ю	О	Ф	Е	Й	Н	М	А	Н	Р

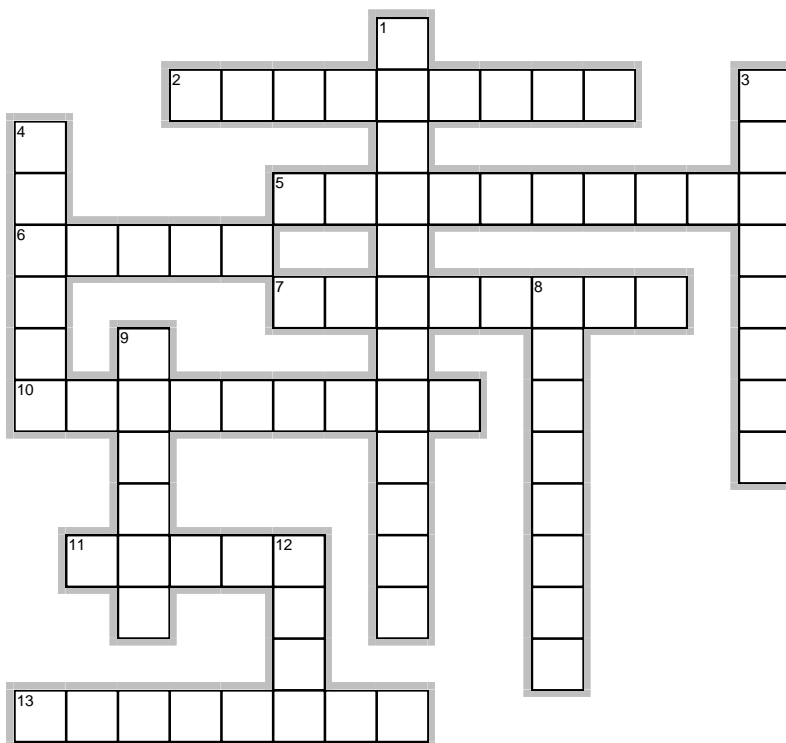
На поле размером 12 на 16 букв зашифрованы 14 слов, имеющих то или иное отношение к нанотехнологиям. Способ поиска показан на примере слова «олимпиада» (горизонтально слева направо или вертикально сверху вниз, диагональных слов и слов с обратным порядком букв, а также пересечений слов здесь нет).

Ваша цель – найти эти 14 слов и написать, какое именно отношение зашифрованные здесь понятия имеют к нанотехнологиям. А помогут Вам в поиске картинки, размещенные рядом с полем филворда.

**Всего – 7 баллов**



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Задача 16. Генетический кроссворд**



**По горизонтали**

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

**По вертикали**

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

**Всего – 7 баллов**



## Химия для школьников

Химия

Категория участников: школьники 7-11 классов

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.

### Задания

#### 1. Отделение воды от нефти

На рисунке в файле изображен оксид графена (ОГр). Это двумерный углеродный наноматериал. Часть атомов углерода окислена. В простейшем случае окисление приводит к образованию эпоксидных групп (см. рис.). Формула оксида графена  $C_xO$ , где  $x$  – переменное число...

#### 2. Деградация красителя

Проблема загрязнения природных водоемов продуктами производственной деятельности человека, например, органическими красителями, представляет серьезный вызов, требующий нетривиальных подходов. В частности, в настоящее время широко изучается фотокаталитический метод...

#### 3. Желтые кристаллы

Школьник нашел ампулу без этикетки с желтыми кристаллами игольчатой формы. Взвесив содержимое в перчаточном боксе в атмосфере аргона, он определил массу навески – 0,102 г. Навеска была разделена на три равные части для определения состава и проведения синтеза...

#### 4. Неорганические люминофоры

Вещество **X** состоит из трех элементов – двух металлов и одного галогена (массовые доли элементов – 22.9%, 35.7%, 41.4%). Оно принадлежит хорошо известному классу неорганических веществ, однако его интересные оптические свойства были открыты совсем недавно...

## 5. Синтез полупроводника

Вещество **X** очень перспективно для электроники, т.к. проявляет свойства полупроводника, имеет слоистую структуру и может быть получено в виде монослоя подобно графену. Оно состоит из двух элементов – металла и неметалла. Массовая доля металла в **X** составляет 60%, а мольная – 1/3...

## 6. Оксидные соты

Одним из наиболее перспективных мембранных материалов последнего времени является нанопористый анодный оксид алюминия (рис. в файле). К его основным достоинствам, помимо всего прочего, можно отнести простоту получения и уникальную пористую структуру...

## 7. Новые материалы для литий-ионных аккумуляторов

В качестве материалов для анода в литий-ионных аккумуляторах требуются вещества, обладающие высокой устойчивостью. Одно из них – вещество **X** – соответствует этому требованию, но обладает низкой электрической и ионной проводимостью...

## 8. Магнитные наночастицы

Образец руды, содержащий металлы **A** и **B**, сожгли в токе воздуха. Образовавшийся твердый остаток растворили в соляной кислоте, а затем нейтрализовали раствором аммиака. При этом выпал бурый осадок **A<sub>1</sub>**, который отфильтровали. Через фильтрат пропустили ток углекислого газа...

## 9. Там еще есть пустое место!

Темные кристаллы **X** и **Y** состоят из упорядоченно расположенных нанообъектов одинакового элементного состава. При этом в **A**, **B**, **C** – продуктах их реакций с простым веществом **Z** – структура и состав исходных нанообъектов остаются неизменными...

## 10. Моделирование и синтез каркасных наноструктур

Юный химик Полуэкт захотел изготовить замкнутые каркасные наноструктуры **Z** методом

самосборки. Для этого он решил комбинировать **k**-валентные **k**-угольники из фрагментов **X** с трехвалентным фрагментом **Y**, при этом они по отдельности не образуют связей сами с собой...

## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 1. Отделение воды от нефти

На рисунке 1 изображен оксид графена (ОГр). Это двумерный углеродный наноматериал. Часть атомов углерода окислена. В простейшем случае окисление приводит к образованию эпоксидных групп (см. рис. 1). Формула оксида графена  $C_xO$ , где  $x$  – переменное число, зависящее от способа окисления.

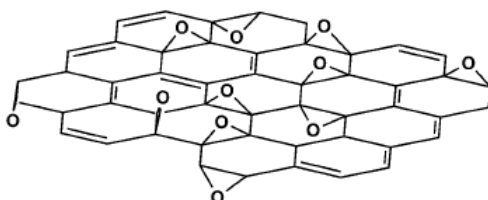


Рис. 1. Простейшая структура оксида графена.

Предполагается, что весь кислород входит в состав эпоксидных групп

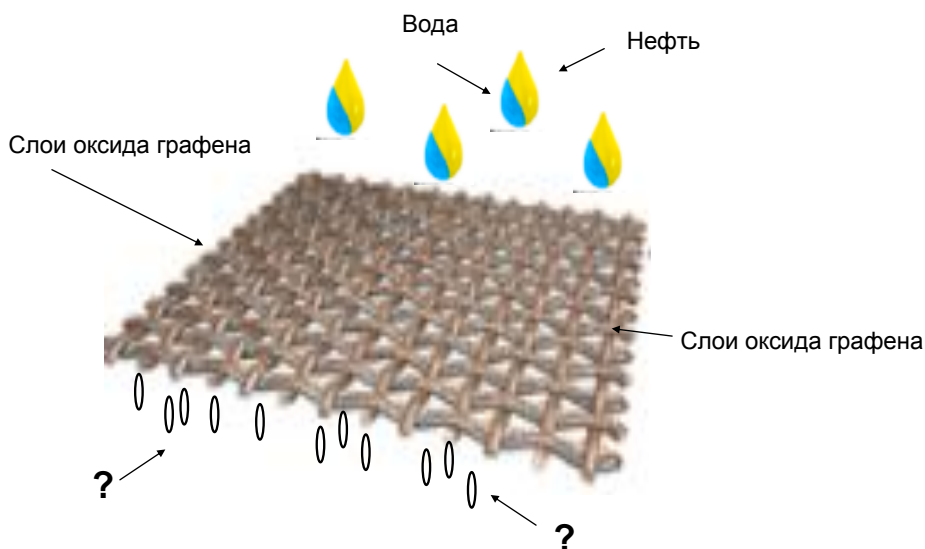


Рис. 2. Устройство для разделения воды и нефти. Металлическая сетка покрыта слоями оксида графена. Какая из жидкостей пройдет сквозь сетку?

#### Вопросы

1. Если в формуле ОГр  $x = 6$ , то какая доля (%) атомов С сохраняет  $sp^2$  гибридизацию? **(2 балла)**
2. При восстановлении ОГр происходит увеличение  $x$ , а при полном восстановлении образуется графен. Хорошим восстановителем является гидразин.
  - а) Напишите уравнение реакции полного восстановления ОГр гидразином. Учтите, что азот изменяет степень окисления только на 1. **(1 балл)**

- б) Сколько граммов гидразина потребуется для превращения 50 мг ОГр состава  $C_3O$  в частично восстановленный ОГр с формулой  $C_{13}O$ ? Для успешного проведения эксперимента требуется 15%-й избыток гидразина. **(2 балла)**

На рисунке 2 изображено устройство для отделения воды от нефти. Это стальная сетка, покрытая восстановленным ОГр.

Вот, как описывают авторы свой способ изготовления устройства:

*«ОГр, приготовленный окислением исходного материала,....., растворяют в..... Стальную сетку ..... в получившийся раствор на 24 часа, а затем ..... на воздухе при температуре 40 °С. После этого сетку обрабатывают снизу кислородной плазмой для восстановления..... в сетке. Затем сетку обрабатывают гидразином. После этого поверхность сетки становится супер.....»*

3.

- а) Вставьте в текст, выделенный курсивом, пропущенные слова. **(1,5 балла)**
- б) Если смесь воды и нефти подается сверху, что проходит сквозь сетку вниз, вода или нефть? Объясните. **(2,5 балла)**
- в) При изготовлении устройства авторы сначала окисляют *исходный материал*, а затем восстанавливают его гидразином. Почему нельзя сделать проще и сразу нанести *исходный материал* на сетку? **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**





## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

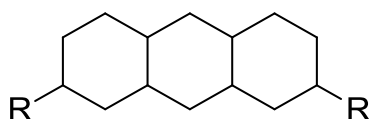
### Задача 2. Дегградация красителя

Проблема загрязнения природных водоемов продуктами производственной деятельности человека, например, органическими красителями, представляет серьезный вызов, требующий нетривиальных подходов. В частности, в настоящее время широко изучается фотокаталитический метод дегградации подобных веществ с применением в качестве катализаторов наночастиц некоторых соединений.

Так, дегградация органического красителя **A** при облучении светом в водном растворе резко усиливается в присутствии наночастиц соединения **X**. Наночастицы **X** для целей эксперимента получают при нагревании раствора (в качестве растворителя выступает смесь воды и нескольких предельных спиртов) соединения **Y** – нитрата металла, содержащего 13,82% металла и 10,40% азота.

1. Установите формулы соединений **X** и **Y**, приведя логику своих рассуждений и необходимые расчеты. **(1,5 балла)**

Известно, что один из таутомеров катиона, образующего **A**, ( $C_{16}H_{18}N_3S^+$ ) является высокосимметричным соединением, содержащим 2 типа атомов азота и 4 типа атомов водорода. Структура данного катиона может быть представлена в следующем виде без указания неопределенных связей (**R** – заместитель):



Учтите, что в формировании полициклической системы принимают участие 12 атомов углерода.

2. Установите структуру данного таутомера. **(2 балла)**
3. Какой таутомер **A** отвечает за наличие у данного вещества характерного цвета? **(1 балл)**

Дегградация **A** в водном растворе в присутствии наночастиц соединения **X** и пероксида водорода протекает с образованием частиц, имеющих, по данным одной из разновидностей масс-спектрометрии, ESI-MS следующие соотношения  $m/z$ : 270 (**A1**), 256 (**A2**) и 111 (**A3**,  $C_6H_{11}N_2$ , содержит систему из трех сопряженных двойных связей).

4. Установите структуры **A1-A3**, если они состоят из тех же элементов, что и **A**. **(3 балла)**
5. Предложите две реакции разложения пероксида водорода в присутствии наночастиц **X** с образованием реакционноспособных радикалов. **(2 балла)**
6. Каким основным свойством, кроме высокой каталитической активности, с Вашей точки зрения, должен обладать катализатор разложения органических веществ в сточных водах? **(0,5 балла)**



Известно, что красящие свойства соединения **A** лежат в основе одного из методов лечения некоторых психиатрических заболеваний, в частности биполярных расстройств.

7. Предложите механизм лечебного эффекта соединения **A**. Обусловлен ли он наноразмерными частицами? **(1 балл)**

**Всего – 11 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

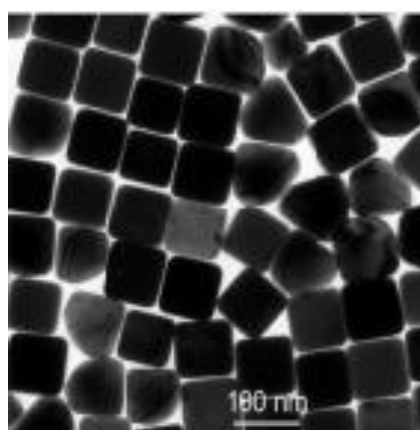
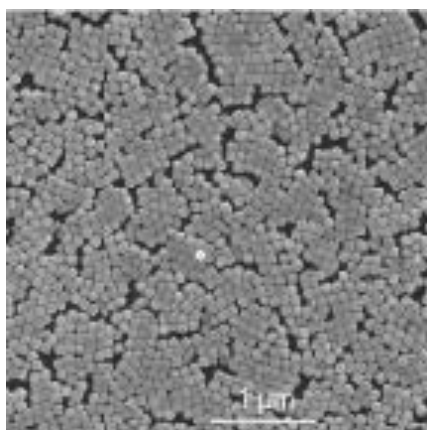
### Задача 3. Желтые кристаллы

Школьник нашел ампулу без этикетки с желтыми кристаллами игольчатой формы. Взвесив содержимое в перчаточном боксе в атмосфере аргона, он определил массу навески – 0,102 г. Навеска была разделена на три равные части для определения состава и проведения синтеза.

Окислительно-восстановительные свойства соединения были исследованы юным экспериментатором в трех химических процессах. В первом случае навеска была растворена в 200 мл обезгаженной воды и подщелочена, далее при интенсивном перемешивании в водный раствор было впрыснуто 5 мл 0,1 М раствора боргидрида натрия, обладающего сильными восстановительными свойствами. При этом раствор в течение первой минуты имел желто-коричневую окраску, после чего сформировался коричневый осадок.

Вторая навеска также была растворена в 200 мл воды и подщелочена, далее при интенсивном перемешивании было добавлено 10 мл 0,05 М раствора цитрата натрия. Раствор не изменил окраску. Терпение естествоиспытателя имело пределы, и через 20 минут в раствор было впрыснуто еще 5 мл 0,1 раствора боргидрида натрия, приготовленного в избытке. К удовольствию школьника, был получен цветной раствор, имевший бордовую окраску, а выпадения осадка не наблюдалось. Спектр поглощения раствора содержал единственный широкий максимум ~530 нм.

Юный нанотехнолог догадался, каков состав соединения, и решил его использовать для обработки нанокристаллов серебра (см. рисунок). Для этого последняя навеска вещества была растворена в 50 мл воды, и при перемешивании добавлен 1 мл коллоидного раствора нанокристаллитов серебра, содержавший 0,0648 г кристаллов. Цвет продукта при этом изменился. Собрав осадок центрифугированием, школьник обнаружил, что масса осадка уменьшилась на 0,0127 г. При этом удалось установить, что в твердом продукте соотношение серебра и продукта гальванического восстановления 3 : 1.



1. Определите, какое вещество содержалось в ампуле. **(2 балла)**
2. Опишите химический процесс, протекавший с нанокристаллами серебра при взаимодействии с раствором вещества. **(2 балла)**

3. Предскажите, как изменится форма кристаллитов серебра после взаимодействия с раствором вещества. **(2 балла)**
4. Опишите процессы, протекавшие в экспериментах 1 и 2. Запишите уравнения реакций. Почему окраска растворов была разной? **(4 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 4. Неорганические люминофоры

Вещество **X** состоит из трех элементов – двух металлов и одного галогена (массовые доли элементов – 22.9%, 35.7%, 41.4%). Оно принадлежит хорошо известному классу неорганических веществ, однако его интересные оптические свойства были открыты совсем недавно – они проявляются только тогда, когда **X** находится в виде нанокристаллов размером 4-15 нм. Нанокристаллы проявляют яркую люминесценцию в видимом диапазоне, причем длина волны излучения зависит от размера частиц.



Синтез наночастиц **X** осуществляют следующим способом. Навеску карбоната одновалентного металла (вещество **A**) массой 0.815 г растворяют в октадецене, добавляют 2.5 мл олеиновой кислоты и выдерживают смесь при 150 °С в атмосфере азота до окончания реакции. При охлаждении до комнатной температуры выпадает осадок вещества **B** массой 2.07 г.

Затем в трехгорлую колбу помещают 69 мг галогенида свинца (вещество **C**), добавляют 5 мл растворителя (октадецена), по 0.5 мл олеиламина и олеиновой кислоты (стабилизаторы). Смесь нагревают до 140-200 °С (в зависимости от температуры получают частицы разного размера) и вносят в нее 0.4 мл 0.125 М горячего раствора **B** в октадецене. Через 5 секунд раствор быстро охлаждают, образовавшиеся наночастицы **X** отделяют от раствора центрифугированием и затем диспергируют в гексане, получая коллоидный раствор.

1. Определите формулы веществ **A**, **B**, **C**, **X** и напишите уравнения реакций образования **B** и **X**. (6 баллов)
2. Сколько наночастиц получили? Примите, что реакция их образования идет со 100%-м выходом, средний радиус частицы – 5 нм, плотность **X** равна 4.75 г/см<sup>3</sup>. (2 балла)
3. Для создания люминесцентного материала (изображен на фото) наночастицы **X** равномерно распределили в объеме полимера. Для этого к 1 мл метилметакрилата добавили 10 мг фотоинициатора и 120 мкл раствора наночастиц **X** в гексане (концентрация 20 мг/мл), полученную смесь полимеризовали под действием света. Оцените, сколько наночастиц содержится в одном кубическом сантиметре полимера? Параметры частиц – те же, что и в п. 2. (1 балл)

Всего – 9 баллов



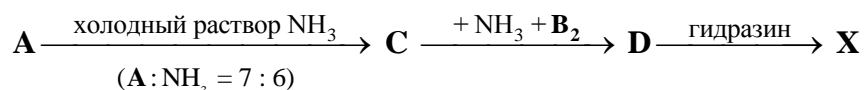
## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 5. Синтез полупроводника

Вещество **X** очень перспективно для электроники, так как проявляет свойства полупроводника, имеет слоистую структуру и может быть получено в виде монослоя подобно графену. Оно состоит из двух элементов – металла и неметалла. Массовая доля металла в **X** составляет 60%, а мольная – 1/3.

Способы синтеза **X** очень разнообразны и позволяют получать **X** в виде тонких пленок, квантовых точек, нанонитей и др. Пленки формируются при химическом осаждении из газовой фазы. В качестве прекурсора обычно используют бинарное соединение **A**, в котором массовая доля металла равна примерно 2/3. Для получения пленок **X** вещество **A** восстанавливают при высокой температуре газами **B<sub>1</sub>** или **B<sub>2</sub>**, имеющими плотность по водороду 11.7 и 17, соответственно.

Квантовые точки **X** получают с помощью окислительно-восстановительной реакции в растворе. Цепочка превращений, используемых в данном синтезе, имеет вид:



**D** – соль бескислородной кислоты (молярная масса соли – 260 г/моль), в которой металл входит только в состав аниона. Окислительно-восстановительной является лишь заключительная стадия.

1. Определите формулы веществ **X**, **A**, **B<sub>2</sub>**, **C**, **D**. Ответ подтвердите расчетами и аргументами. **(5 баллов)**
2. Определите состав газа **B<sub>1</sub>**. **(1 балл)**
3. Напишите уравнения всех пяти реакций. **(5 баллов)**

**Всего – 11 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 6. Оксидные соты

Одним из наиболее перспективных мембранных материалов последнего времени является нанопористый анодный оксид алюминия (рис. 1). К его основным достоинствам, помимо всего прочего, можно отнести простоту получения и уникальную пористую структуру: прямые цилиндрические поры с гексагональным упорядочением, близким к идеальному.

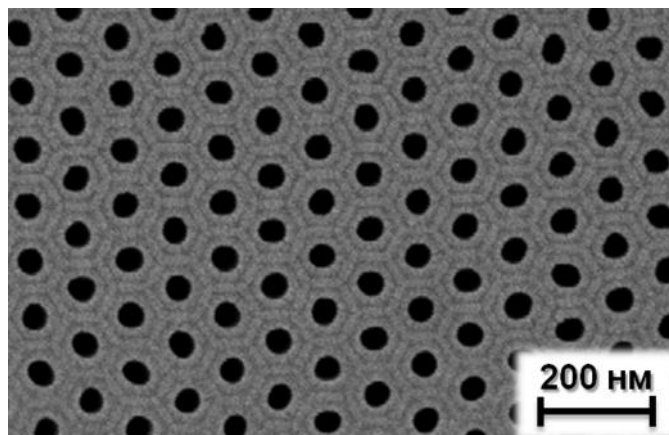


Рис. 1. Нанопористый анодный оксид алюминия

Для синтеза подобной оксидной плёнки толщиной 50 мкм и диаметром 1.2 см методом электрохимического окисления алюминиевой пластинки при 40 В достаточно пропустить заряд 113 Кл. Анализ раствора электролита (0.3 М водный раствор щавелевой кислоты,  $V = 250$  мл) показал, что содержание катионов алюминия равно  $1.1 \cdot 10^{-4}$  М, а масса полученного образца уменьшается на 3.3% после длительного прокалывания в инертной атмосфере при 1200 °С.

1. Напишите уравнения реакций, о которых идет речь в задаче. **(2 балла)**
2. Найдите плотность (в  $\text{г/см}^3$ ) получаемых оксидных плёнок (не подвергнутых термическому воздействию). Выход по току примите равным 95%. **(5 баллов)**

Считается, что при этом образуется аморфный оксид алюминия, плотность которого равна  $3.61 \text{ г/см}^3$ .

3. Исходя из этих данных, оцените пористость синтезированных образцов. Под пористостью принято понимать отношение суммарного объёма пор к объёму образца. **(2 балла)**

**Всего – 9 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 7. Новые материалы для литий-ионных аккумуляторов

В качестве материалов для анода в литий-ионных аккумуляторах требуются вещества, обладающие высокой устойчивостью. Одно из них – вещество **X** – соответствует этому требованию, но обладает низкой электрической и ионной проводимостью. Для получения сферических наночастиц вещества **X**, поверхность которых содержит атомы серебра, используют гидротермальный золь-гель синтез.

Исходным веществом для получения **X** служит бесцветная жидкость **A**, которая энергично взаимодействует с водой с выделением органического вещества **B** и белого осадка **C**, который при прокаливании образует устойчивый оксид **D**, содержащий 40 % кислорода по массе. Из 4,25 г **A** можно получить 1,00 г **D**. Известно, что вещество **B** может быть получено в одну стадию из 1-хлорбутана. Вещество **A** сначала вводят в реакцию с органическим веществом **E**, содержащим 38,71% C, 9,68% H и кислород. При кипячении **A** в избытке **E** образуется продукт **L**, причем из 1 г **A** можно получить 0,494 г **L**. Взаимодействием **A** с раствором нитрата серебра в **E** получены сферические частицы прекурсора, который при взаимодействии с раствором гидроксида лития в этаноле и последующем прокаливании на воздухе дает продукт **X**, имеющий при разных количествах введенного количества нитрата серебра на одинаковое количество остальных реагентов, следующий состав:

- (1) Li 5,95%; O 40,78%, Ag 2,29%, остальное – неизвестный элемент
- (2) Li 5,81%; O 39,87%, Ag 4,49%, остальное – неизвестный элемент

1. Определите все неизвестные вещества. **(7 баллов)**
2. Напишите уравнения всех реакций. **(3 балла)**
3. Какую роль играет серебро при использовании **X** в качестве материала анода?  
**(1 балл)**

**Всего – 11 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 8. Магнитные наночастицы

Образец руды, содержащий металлы **A** и **B**, сожгли в токе воздуха. Образовавшийся твердый остаток растворили в соляной кислоте, а затем нейтрализовали раствором аммиака. При этом выпал бурый осадок **A<sub>1</sub>**, который отфильтровали. Через фильтрат пропускали ток углекислого газа до прекращения выпадения осадка **B<sub>1</sub>**. Осадок отфильтровали и прокалили до постоянной массы, образовалось вещество **B<sub>2</sub>**. Вещества **A<sub>1</sub>** и **B<sub>2</sub>** по отдельности растворили в соляной кислоте, при этом были получены растворы веществ **A<sub>2</sub>** и **B<sub>3</sub>**. К раствору **A<sub>2</sub>** прибавляли избыток щелочи до тех пор, пока выпавший осадок полностью не перешел в бесцветный раствор вещества **A<sub>3</sub>**. При добавлении к этому раствору раствора **B<sub>3</sub>** наблюдалось выпадение коричневого осадка, который при прокаливании превратился в черный порошок, состоящий из наночастиц вещества **D**.

1. Определите неизвестные вещества, если известно, что в наночастицах **D** содержится 46,47 % **A** и 26,97 % **B** по массе. **(4 балла)**
2. Напишите уравнения всех описанных реакций. **(4 балла)**
3. Какую руду (минерал) могли использовать? **(1 балл)**

**Всего – 9 баллов**

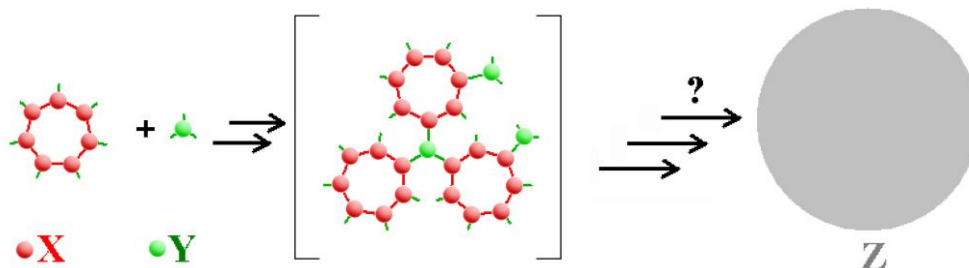




## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 10. Моделирование и синтез каркасных наноструктур

Юный химик Полуэкт захотел изготовить замкнутые каркасные наноструктуры **Z** методом самосборки. Для этого он решил комбинировать **k**-валентные **k**-угольники из фрагментов **X** с трехвалентным фрагментом **Y**, при этом они по отдельности не образуют связей сами с собой, но легко реагируют друг с другом, как на рисунке (приведен пример для  $k = 7$ ):



1. В каком мольном соотношении необходимо смешивать реагенты  $X_k$  и  $Y$ , чтобы они могли целиком прореагировать друг с другом с образованием **Z**? **(0,5 балла)** Используя теорему Эйлера для выпуклых многогранников, помогите Полуэктору найти все  $X_k$ , для которых возможно получение замкнутой каркасной наноструктуры **Z**. **(2,5 балла)** Опишите эти наноструктуры **Z** (сколько и каких вершин они содержат, в вершинах каких геометрических фигур расположены фрагменты  $Y$ , сколько и каких многоугольников содержат такие **Z**). **(2 балла)**
2. Укажите, как необходимо проводить реакцию синтеза **Z**: быстро сливать растворы вместе, или же медленно смешивать их по каплям; маленькие или большие концентрации реагентов при этом использовать. **(1 балл)** Поясните, что получится, если Полуэкт сделает все наоборот. **(1 балл)**
3. Каково может быть применение таких наноструктур **Z**? Какими свойствами они должны для этого обладать? **(1 балл)**
4. Допустим, трехвалентный фрагмент  $Y$  способен при нагревании образовывать связи сам с собой. Можно ли посоветовать Полуэктору использовать эту реакцию для сборки каркасных наноструктур, отвечающих таким же многогранникам, как и **Z**? Поясните. **(1 балл)**
5. Приведите пример химических структур, которые могут стоять за  $X_k$  и  $Y$ , если под буквами могут подразумеваться не только химические элементы, но и любые подходящие фрагменты, а связи  $X-X$  и  $X-Y$  могут быть представлены, в том числе, цепочками атомов. Объясните, за счет чего при этом будут связываться фрагменты. **(1 балл)**

При решении считайте, что все каркасные наноструктуры **Z** содержат только два типа многоугольников и не содержат «свободных» связей.

**Всего – 10 баллов**

физика



## Физика для школьников

Физика

Категория участников: школьники 7-11 классов

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 четырём предметам.

### Задания

#### 1. Двойная нанопленка

Для улучшения оптических свойств материала часто используют специальные просветляющие покрытия. Студент МГУ Вася пошел обратным путем: вместо нанесения покрытий, он протравил кислотой часть кремниевого кристалла...

#### 2. Покрытия для солнечных элементов

Для создания дешевых солнечных элементов используется технология осаждения из газовой фазы тонких (порядка сотен нм) плёнок аморфного кремния. Для получения пленок, легированных бором (B), используют осаждение из смеси газов моносилана  $\text{SiH}_4$  и диборана  $\text{B}_2\text{H}_6$ ...

#### 3. Магнетронное напыление

Магнетронное напыление – способ нанесения тонких пленок. Метод заключается в бомбардировке мишени ионами инертных газов в скрещенных электрических и магнитных полях. Вынесенное вещество осаждается на подложке тонким слоем – от нескольких единиц нанометров и более...

#### 4. Нагрев электронным пучком

При исследовании наночастиц методом просвечивающей электронной микоскопии

высокого разрешения (ПЭМ ВР) замечено, что исследуемые образцы нагреваются и плавятся. Оцените энергию электронов в пучке просвечивающего микроскопа...

## 5. Наноспутники

Согласно принятой классификации малых космических аппаратов, наноспутником называется аппарат массой от 1 до 10 кг. С появлением и развитием концепции таких малых спутников появилось новое направление в современном ракетостроении – разработка микроракет...

## 6. Дифракция на нанокристаллах

Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах была открыта в 1912 году немецкими учеными под руководством Макса Лауэ. Это открытие доказало волновую природу рентгеновских лучей, так как оказалось, что для объяснения этого явления можно рассматривать...

## 7. Фотоэлектронная спектроскопия наноматериалов

Одним из методов диагностики структуры материалов является рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Этот метод позволяет получать информацию о составе и характере взаимодействия атомов в тонком приповерхностном слое исследуемого образца...

## 8. Наносенсор на вирусы

Юный изобретатель Саша предложил схему наносенсора, чувствительного на вирусы. Сенсор представляет из себя двухслойную структуру: нижний слой – пористый кремний pSi (пористость  $P = 50\%$ , размер пор – 5 нм) толщиной  $d_1 = 100$  мкм...

## 9. Из крайности в крайность

Известно, что механизм диффузии газов через пористые среды во многом обусловлен числом Кнудсена  $Kn$ , которое равно отношению длины свободного пробега молекул этого газа  $l$  к диаметру пор  $d$ . Так, при  $Kn \ll 1$  реализуется вязкое течение газа в порах...

## 10. Автостопом на комете

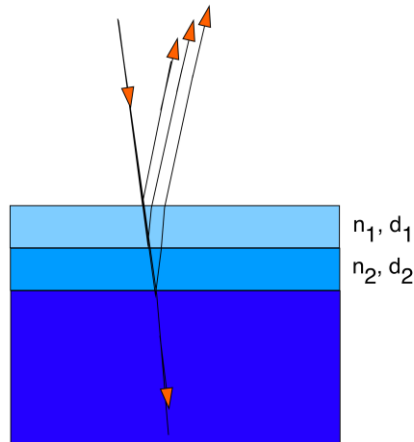
В качестве альтернативы «обычным» ракетным двигателям инженеры NASA предложили использовать для разгона космических кораблей трос, сделанный из углеродных нанотрубок (УНТ). В предложенной схеме космический корабль «ловит» на кончик троса

пролетающую мимо комету...



## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 1. Двойная нанопленка



Для улучшения оптических свойств материала часто используют специальные просветляющие покрытия. Студент МГУ Вася пошел обратным путем: вместо нанесения покрытий, он протравил кислотой часть кремниевого кристалла, который хорошо пропускает свет в инфракрасном диапазоне. В результате получился нанопористый слой толщиной  $d_1$  на поверхности с показателем преломления  $n_1$ , меньшим, чем у кремния. Размер пор составлял порядка 50 нм, поэтому слой получился оптически-однородным. Затем Вася протравил второй слой толщиной  $d_2$ , изменив параметры травления, и получил показатель преломления в нем  $n_2 > n_1$ .

1. Используя полученную структуру, Вася стал изучать интерференцию отраженных лучей, падающих по нормали к поверхности. Считая интенсивности всех трех отраженных лучей равными, сформулируйте критерии интерференционных минимумов. **(7 баллов)**
2. Приведите пример толщин  $d_1$ ,  $d_2$ , при которых наблюдается минимум для длины волны  $l = 1200$  нм, если  $n_1 = 1.6$ , а  $n_2 = 2$ . **(3 балла)**

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**

**Задача 2. Покрытия для солнечных элементов**



Для создания дешевых солнечных элементов используется технология осаждения из газовой фазы тонких (порядка сотен нм) плёнок аморфного кремния. Для получения пленок, легированных бором (В), используют осаждение из смеси газов моносилана  $\text{SiH}_4$  и диборана  $\text{B}_2\text{H}_6$  после термического разложения газов. Для получения контролируемой концентрации примеси, получают смесь газов в нужной пропорции. Для этого газы напускают в камеру, где происходит осаждение, из двух сосудов одинакового объема. В первом содержится силан при давлении  $P_1 = 10^5$  Па и температуре  $T_1 = 200^\circ\text{C}$ , а во втором диборан при некотором давлении  $P_2$  и температуре  $T_2 = 20^\circ\text{C}$ .

1. Каким должно быть давление  $P_2$ , чтобы концентрация примеси в пленке аморфного кремния составляла  $n = 10^{19}$  см<sup>-3</sup>? (5 баллов)
2. Какой объем газа силана потребуется пропустить через сосуд с  $P_1 = 10^5$  Па и  $T_1 = 200^\circ\text{C}$  для того, чтобы выросла плёнка аморфного кремния, толщиной  $d = 10$  нм и площадью  $S = 10$  мм<sup>2</sup>? (5 баллов)

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 3. Магнетронное напыление**

Магнетронное напыление – способ нанесения тонких пленок. Метод заключается в бомбардировке мишени ионами инертных газов в скрещенных электрических и магнитных полях. Вынесенное вещество осаждается на подложке тонким слоем – от нескольких единиц нанометров и более. Поверхность мишени, расположенная между местами входа и выхода силовых линий магнитного поля, интенсивно распыляется и имеет вид замкнутой дорожки, геометрия которой определяется формой полюсов магнитной системы.

При подаче постоянного напряжения между мишенью (отрицательный потенциал) и анодом (положительный или нулевой потенциал) возникает электрическое поле и возбуждается тлеющий разряд. Наличие замкнутого магнитного поля у распыляемой поверхности мишени позволяет локализовать плазму разряда непосредственно у мишени.

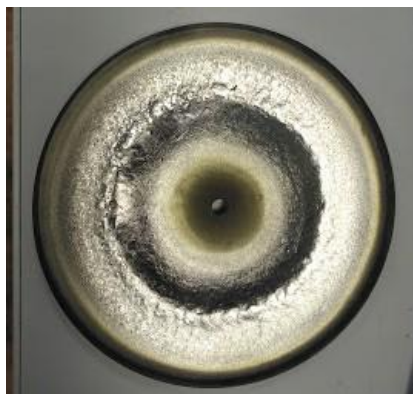


Рис. 1. Мишень после распыления. Вид сверху.

1. Полагая электрическое поле однородным и перпендикулярным поверхности, а магнитное – направленным по радиусу (см. рис. 2), оценить высоту слоя, в котором будут локализованы электроны, движущиеся в скрещенных полях. Считать, что электрон имеет нулевую начальную скорость и находится у поверхности.  $E = 100$  В,  $B = 0.001$  Тл. **(5 баллов)**
2. Какова будет траектория электрона? **(4 балла)**
3. В какой области будут локализованы ионы аргона? **(1 балл)**

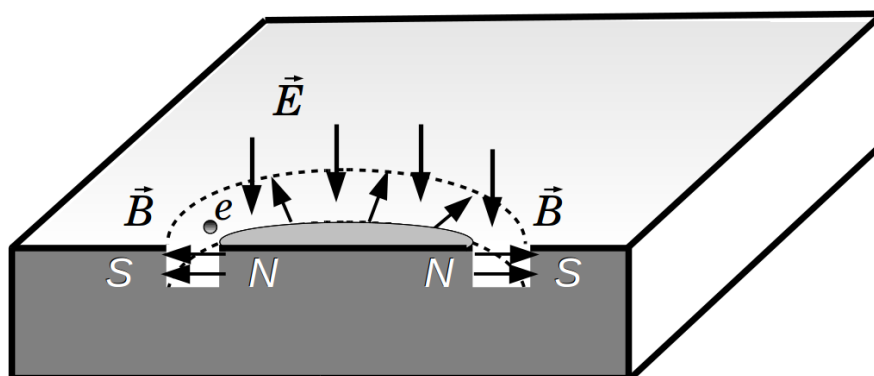


Рис. 2.

Всего – 10 баллов

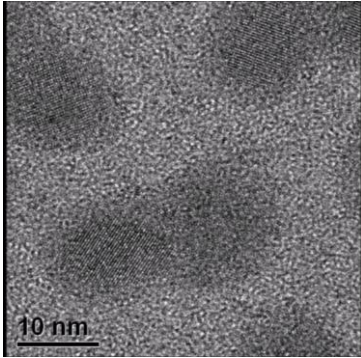




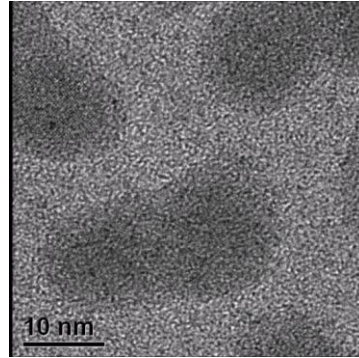
## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 4. Нагрев электронным пучком

При исследовании наночастиц методом просвечивающей электронной микоскопии высокого разрешения (ПЭМ ВР) замечено, что исследуемые образцы нагреваются и плавятся (см.рис.).



Исходный снимок ПЭМ наночастиц.



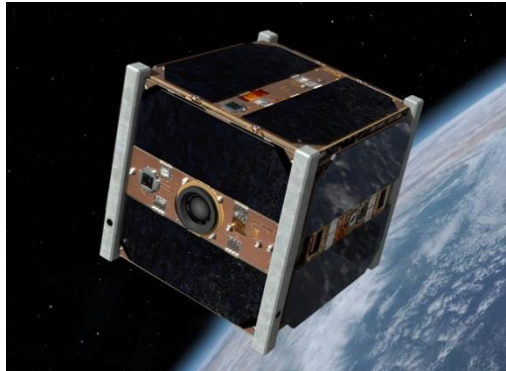
Снимок ПЭМ тех же наночастиц, сделанный позже.

1. Оцените энергию электронов в пучке просвечивающего микроскопа, необходимую для разрешения атомов в кристаллической решетке? Ответ приведите в электронвольтах. Каким условием определяется эта энергия? **(3 балла)**
2. Часть электронов из пучка в микроскопе высокого разрешения, пройдя сквозь частицу индия диаметром 20 нм, рассеивается, теряя энергию. Чему равна минимальная энергия одного электрона, прошедшего через частицу индия, если в момент прохождения приемник рентгеновского излучения зарегистрировал квант характеристического излучения индия  $K_{\alpha 1}$   $E_1 = 24.2$  кэВ, а частица расплавилась? Известно, что при прохождении через частицу электрон потерял половину своей энергии. Вторичные электроны не зарегистрированы. Первоначальная температура частицы  $20^\circ\text{C}$ . При расчетах использовать справочные данные для макроскопического индия. **(7 баллов)**

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 5. Наноспутники**



Согласно принятой классификации малых космических аппаратов, наноспутником называется аппарат массой от 1 до 10 кг. С появлением и развитием концепции таких малых спутников появилось новое направление в современном ракетостроении – разработка микроракет, предназначенных для вывода на низкую околоземную орбиту (НОО) относительно небольшой полезной нагрузки (десятки и сотни килограммов).

Пусть микроракета «Заря» была спроектирована на выведение максимальной полезной нагрузки в 180 кг на круговую НОО с высотой над поверхностью Земли равной  $1/20$  от ее среднего радиуса. Оцените, какое максимальное количество наноспутников массой 8 кг каждый сможет вывести такая микроракета на круговую НОО с вдвое большей высотой орбиты? При расчетах ракету считать одноступенчатой с собственной массой 1320 кг (без топлива), а расход топлива при выходе на заданную орбиту – полным.

**Всего – 10 баллов**



## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 6. Дифракция на нанокристаллах

Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах была открыта в 1912 году немецкими учеными под руководством Макса Лауэ. Это открытие доказало волновую природу рентгеновских лучей, так как оказалось, что для объяснения этого явления можно рассматривать кристалл как трехмерную дифракционную решетку. На рисунке 1 показана фотопластинка с рентгенограммой (темные области – рефлексы – соответствуют зонам концентрации рентгеновского излучения), полученной от тонкого образца монокристалла некоторого вещества (сориентированного нужным образом) при его облучении узким пучком рентгеновских лучей. Известно, что расстояние от образца до фотопластинки, расположенной перпендикулярно направлению распространения пучка (см. рис. 2), составляло  $L = 10$  см, расстояние от центра рентгенограммы (ось пучка) до каждого из точечных рефлексов равно  $h = 7.4$  см, а длина волны рентгеновских лучей  $\lambda = 0.154$  нм.

1. Определить межплоскостное расстояние в кристалле  $d$ , соответствующее наблюдаемым точечным рефлексам. **(5 баллов)**
2. Как изменится рентгенограмма, если на пути пучка установить не монокристалл, а тонкую пленку, содержащую разупорядоченные нанокристаллы из того же материала? **(5 баллов)**

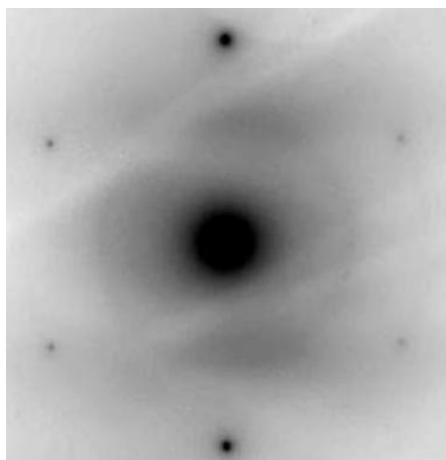


Рис. 1

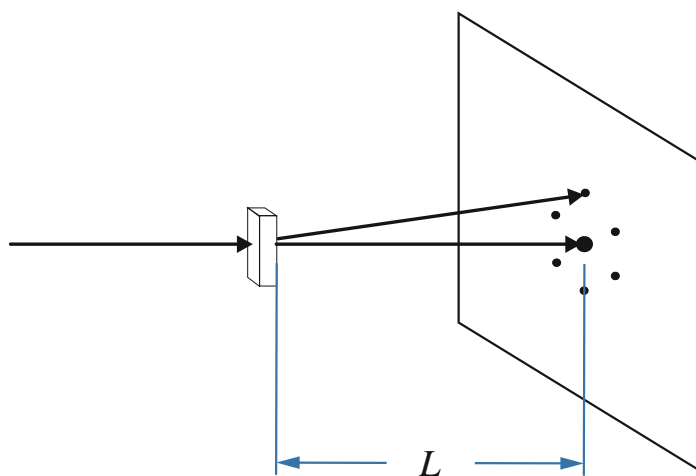


Рис. 2

**Всего – 10 баллов**



## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 7. Фотоэлектронная спектроскопия наноматериалов

Одним из методов диагностики структуры материалов является рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Этот метод позволяет получать информацию о составе и характере взаимодействия атомов в тонком приповерхностном слое исследуемого образца. Анализируемая глубина составляет обычно не более 5 нм, что позволяет эффективно применять РФЭС для исследования наноструктурированных материалов. Под действием рентгеновского излучения атомы вещества эмитируют фотоэлектроны, распределение которых по их кинетическим энергиям представляет собой фотоэлектронный спектр. Из полученных спектров можно определить энергию связи внутренних (остовных) электронов, зависящую как от заряда ядра атомов (порядкового номера элемента), так и от их степени окисления, что позволяет определять не только элементный состав образца, но и характер химических связей между атомами. Дополнительно для изучения распределения атомов по глубине образца может применяться ионное травление, которое позволяет, в том числе, избавиться от возможных загрязнений исследуемой поверхности или присутствующих на ней чужеродных пленок.

1. В эксперименте методом РФЭС исследовалась тонкая пленка, содержащая распределенные в слое диоксида кремния нанокристаллы кремния, покрытая сверху дополнительным защитным слоем стехиометрического диоксида кремния. Пользуясь полученными при исследовании поверхностного слоя  $\text{SiO}_2$  спектрами РФЭС (см. рис. 1), оценить энергию связи электронов Si 2p-уровней, если известно, что энергия связи электронов O 1s-уровней составляет  $\sim 533$  эВ. **(5 баллов)**
2. После стравливания поверхностного слоя  $\text{SiO}_2$  ионным пучком и измерения спектра РФЭС исследуемой пленки с нанокристаллами кремния в области энергий Si 2p фотоэлектронов было замечено, что в спектре появился дополнительный пик с энергией около 1387 эВ (см. рис. 2). Объяснить наблюдаемое качественное изменение спектра. **(5 баллов)**

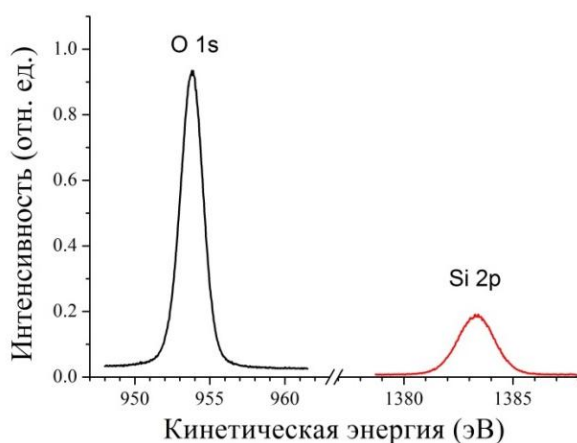


Рис. 1

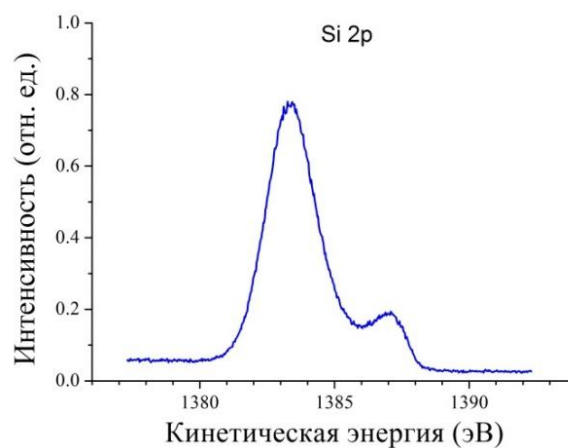


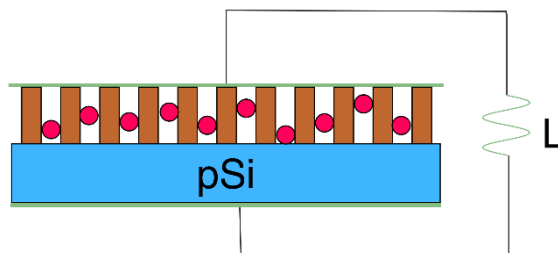
Рис. 2

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**

**Задача 8. Наносенсор на вирусы**



Юный изобретатель Саша предложил схему наносенсора, чувствительного на вирусы. Сенсор представляет из себя двухслойную структуру: нижний слой – пористый кремний pSi (пористость  $P = 50\%$ , размер пор – 5 нм) толщиной  $d_1 = 100$  мкм, верхний – слой пористых нанонитей диаметром 200 нм и толщиной  $d_2 = 500$  нм (эффективная пористость для всего слоя – 25%), который и является чувствительным.

1. Почему чувствительным является только верхний слой? **(1 балл)** Каким образом можно обеспечить селективность такого сенсора? **(2 балла)**

Сверху и снизу на сенсор напылены сеточные металлические контакты и подсоединены к катушке с индуктивностью  $L = 0.5$  мкГн.

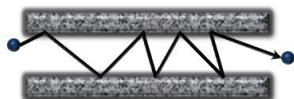
2. Насколько изменится частота колебаний контура после того, как на поверхности элемента высушить 100 мкл вирусной суспензии с концентрацией вирусных частиц  $10^6$  мл<sup>-1</sup>? **(7 баллов)** Площадь сенсора  $S = 1$  см<sup>2</sup>, радиус вируса  $r = 50$  нм, его диэлектрическая проницаемость,  $\epsilon_v = 75$ .

**Всего – 10 баллов**



## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 9. Из крайности в крайность



диффузия Кнудсена



вязкое течение

Известно, что механизм диффузии газов через пористые среды во многом обусловлен числом Кнудсена  $Kn$ , которое равно отношению длины свободного пробега молекул этого газа  $\lambda$  к диаметру пор  $d$ . Так, при  $Kn \ll 1$  реализуется вязкое течение газа в порах, а при  $Kn \gg 1$  – кнудсеновская диффузия. Принципиальное отличие этих двух механизмов состоит в том, что вязкий поток газа представляет собой движение сжимаемой сплошной среды, а в случае кнудсеновской диффузии молекулы проникают через пористую среду как изолированные частицы. Вязкий поток газа задаётся выражением:

$$J_p = \frac{\pi d^4}{128\eta} \cdot \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{P_1 + P_2}{2P_2},$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость газа,  $P_1$  – давление на входе в пору,  $P_2$  – давление на выходе из поры,  $L$  – длина пор. Кнудсеновский поток газа через единицу площади мембраны можно рассчитать по формуле:

$$J_{Kn} = \frac{2dV_m}{3L} \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi MRT}} \cdot \Delta P,$$

где  $V_m$  – молярный объём,  $M$  – молярная масса газа,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  – температура.

1. На основе представленных данных оцените наибольший диаметр пор, для которых ещё может наблюдаться ощутимый вклад Кнудсеновской диффузии при пропускании азота под давлением 1 атм и при температуре 27 °С. Диаметр молекулы азота равен 0.37 нм. **(4 балла)**
2. Представьте, что для экспериментов доступны мембраны трёх видов со средним диаметром пор 10 нм, 50 нм и 100 нм. Какую из них следует выбрать для более эффективного разделения смеси  $N_2$  ( $d = 0.37$  нм,  $\eta = 1778$  Па·с) и  $He$  ( $d = 0.256$  нм,  $\eta = 1968$  Па·с), взятых в мольном соотношении 1:1 при давлении 1 атм? Ответ обоснуйте. Каким при этом в идеале будет мольное соотношение газов в смеси, прошедшей через мембрану? **(6 баллов)**

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**

**Задача 10. Автостопом на комете**

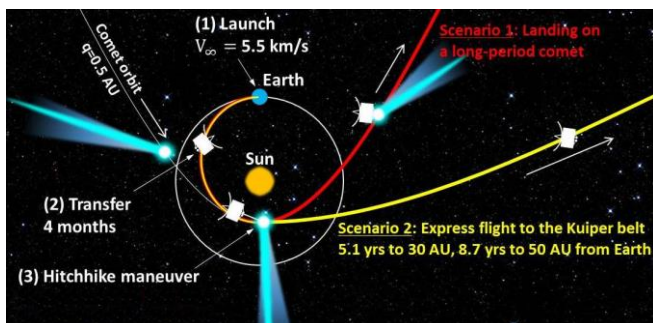


Рис. а



Рис. б

В качестве альтернативы «обычным» ракетным двигателям инженеры NASA предложили использовать для разгона космических кораблей трос, сделанный из углеродных нанотрубок (УНТ). В предложенной схеме космический корабль «ловит» на кончик троса пролетающую мимо с большой скоростью комету, и, разматывая натянутый трос, постепенно увеличивает свою скорость. В нужный момент времени трос отделяется, и разогнавшийся корабль продолжает свое путешествие на окраины Солнечной системы (рис. а).

Оценим эффективность предложенной схемы на простом примере (рис. б).

1. Найдите массу  $m_{nt}$ , длину  $l$  и толщину  $d$  УНТ троса, если
  - масса космического корабля с тросом составляет  $m = 1000$  кг;
  - максимальное ускорение, которое может выдержать корабль, составляет  $10g$  (в десять раз больше ускорения свободного падения на Земле);
  - кораблю необходимо разогнаться при помощи троса до скорости кометы; ее скорость изначально больше скорости корабля на  $\Delta v = 7$  км/с. **(5 баллов)**
2. Сравните, во сколько раз приращение скорости корабля при разгоне УНТ тросом будет отличаться от приращения скорости с использованием реактивного топлива, если массы троса и топлива равны. Для расчета использовать формулу Циолковского\*, удельный импульс ракетного двигателя на корабле считать равным  $5000$  м/с. **(1 балл)**
3. Оцените, какое предельное значение  $\Delta v$  возможно при разгоне корабля с использованием троса из УНТ (т.е. безотносительно суммарной массы корабля и его максимально возможного ускорения). **(4 балла)**

Считать, что:

- трос из УНТ можно для удобства расчетов представить как «рулон» из листа графена той же массы, длины, диаметра и прочности; плотность графена равна  $2260$  кг/м<sup>3</sup>, прочность на разрыв –  $1,3 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>;
- комета движется параллельно курсу корабля и имеет несоизмеримо большую массу;
- ускорение корабля, «поймавшего» комету, постоянно и равно максимальному;
- растяжением троса можно пренебречь.

\*Формула Циолковского определяет скорость, которую развивает летательный аппарат под воздействием тяги ракетного двигателя:  $\Delta v = I \cdot \ln(m/m_2)$ , где  $\Delta v$  – изменение скорости корабля,  $I$  – удельный импульс ракетного двигателя,  $m$  – начальная масса корабля с топливом,  $m_2$  – масса корабля, выработавшего топливо.

**Всего – 10 баллов**





## **Биология для школьников**

Биология

Категория участников: школьники 7-11 классов

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 четырём предметам.

### **Задания**

#### **1. Нанороботы в системе кровообращения**

Профессор Гемоглинонов изобрел наноробота для диагностики системы кровообращения. Этот наноробот прикреплялся к одному из ретикулоцитов в крови и активировался в тот момент, когда ретикулоцит превращался в эритроцит...

#### **2. Эндосимбиоз в клетках**

Природа начала создавать наномашинны задолго до того, как это начал делать человек. Так, митохондрия – это готовая фабрика по созданию высокоэнергетического топлива – молекулы АТФ. Считается, что митохондрия – это результат эндосимбиоза...

#### **3. Урок зельеварения**

Гермиона решила вступить в клуб Зельеварения. Руководила клубом новая учительница, которая особо увлекалась таким разделом науки маглов, как нанобиотехнологии. На первом же занятии учительница сняла с руки кольцо и кинула его в раствор 50% азотной кислоты...

#### **4. Приключения Ясона и Геракла**

Ясон и Геракл решили стать биологами. Ясон был первым, кто изобрел машину времени и совершил путешествие в архейскую эру. А Геракл в это время изучал кишечник коровы.

Что Ясону надо было бы обязательно взять с собой...

## **5. «Прививка от Кроша»**

В мультфильме «Смешарики. Прививка от Кроша» друзья Крош и Ежик решают помочь выздороветь заболевшему гриппом пингвину Пину. В специальной летающей и плавающей капсуле они уменьшаются, попадают в стакан с лекарством, который выпивает Пин...

## **6. Синдром Рефсума**

Слышали ли Вы что-нибудь об орфанных заболеваниях? В эту категорию выделяют заболевания, которыми болеет небольшая часть популяции, это – редкие заболевания. При этом в какой-либо стране или среди группы людей заболевание может быть широко распространено...

## **7. Митохондриальные заболевания**

В эту группу выделяют наследственные заболевания, связанные с нарушением в функционировании митохондрий. Это приводит к нарушению энергетических функций в различных органах и тканях. В настоящее время не существует надежного способа лечения митохондриальных заболеваний...

## **8. Светящиеся в темноте**

Студент-биолог Вася нырял с аквалангом ночью в море и увидел интересных полупрозрачных животных, светящихся сине-зеленым светом и переливающихся разными цветами. Поскольку Вася хорошо знал зоологию беспозвоночных, он сразу узнал, к какому типу относятся эти животные...

## **9. Вот это поворот!**

Афанасий Тимофеевич Филимонов прибывает на станцию Энергетическая с двумя чемоданами. Он становится возле дверей, а мимо него пробегает Парамон, а потом снова и снова. И тут – вот это поворот! – у Афанасия Тимофеевича уже три чемодана!..

## **10. Вижу цель, не замечаю препятствий**

Живые клетки у растений и животных разделены мембранами на отдельные пространства – компартменты, так же, как дом разгорожен стенами на комнаты. И, конечно, вся клетка отделена надежной стеной – мембраной – от окружающей среды...

Профессор Гемоглобинов изобрел наноробота для диагностики системы кровообращения. Этот наноробот прикреплялся к одному из ретикулоцитов в крови и активировался в тот момент, когда ретикулоцит превращался в эритроцит. Начиная с этой стадии, наноробот передавал информацию о линейной скорости кровотока, диаметре сосуда, который он в данный момент проходит, и о количестве кислорода в эритроците. Так наноробот проходил общую сонную артерию диаметром 7 мм со скоростью 13 см/с.

1. Какой объем крови проходит через эту артерию в мл, если объемная скорость кровотока равна произведению линейной скорости кровотока на площадь поперечного сечения сосуда? **(1 балл)**

Наноробот передал информацию, о том, что прошел один из участков кровеносной системы с линейной скоростью 45 см/с, а второй — со скоростью 15 см/секунду.

2. Что вы можете сказать о сосудах, которые он проходил? **(1 балл)**
3. Где в итоге будет наноробот утилизирован? Через сколько примерно дней после его активации это произойдет? **(1 балл)**
4. Учитывая тот факт, что полный круг кровообращения занимает 24 секунды и вы знаете среднюю продолжительность жизни эритроцита, сколько раз наноробот передаст сигнал из общей сонной артерии? Сколько раз из наружной сонной артерии? **(1 балл)**

**Всего – 4 балла**

Природа начала создавать наномашинны задолго до того, как это начал делать человек. Так, митохондрия – это готовая фабрика по созданию высокоэнергетического топлива – молекулы АТФ. Считается, что митохондрия – это результат эндосимбиоза, при котором одна прокариотическая клетка проникла в другую и обе получили от этого неоспоримые преимущества.

1. Какие признаки указывают на бактериальное происхождение митохондрий? **(1 балл)**  
Приведите другой пример эндосимбиоза, приведший в итоге к образованию органеллы в растительной клетке. **(1 балл)** Какая еще форма взаимоотношений по вашему мнению могла привести к возникновению митохондрий? **(1 балл)**

В митохондриях используется белковый наноротор для синтеза АТФ.

2. Предложите обоснованные примеры использования этого ротора в будущем и какие особенности их конструкции ограничивают условия их применения? **(2 балла)**

**Всего – 5 баллов**

Гермиона решила вступить в клуб Зельеварения. Руководила клубом новая учительница, которая особо увлекалась таким разделом науки маглов, как нанобиотехнологии.

На первом же занятии учительница сняла с руки кольцо и кинула его в раствор 50% азотной кислоты. стакан она поместила под тягу, а из стакана с раствором пошел дым, который учительница назвала «лисьим хвостом». А когда жидкость остыла, на дне образовались белые кристаллы. стакан учительница отдала Гермионе и попросила ее отфильтровать его содержимое. После этого она заварила чай из листьев герани, в приготовленный экстракт высыпала отфильтрованные Гермионой кристаллы и поставила это все на мешалку. По уверению учительницы в конце процедуры цвет экстракта должен измениться и в нем должны зародиться таинственные наночастицы. С помощью этих частиц маглы усиливают сигнал падающего света от молекул при условии, что наночастицы находятся рядом с молекулами.

1. Из какого металла должно было быть сделано кольцо? **(1 балл)**  
Что из себя представляет дым, названный учительницей «лисьим хвостом»?  
Напишите схему реакции. **(1 балл)**
2. Как вы думаете, зачем нужен экстракт из листьев герани и как называется химический процесс, в ходе которого получают наночастицы? **(1 балл)** Почему должен измениться цвет экстракта? **(1 балл)**
3. Как называется метод маглов? **(1 балл)**  
Какими преимуществами обладает такой метод получения наночастиц по сравнению с другими? **(2 балла)**

**Всего – 7 баллов**

Ясон и Геракл решили стать биологами. Ясон был первым, кто изобрел машину времени и совершил путешествие в архейскую эру. А Геракл в это время изучал кишечник коровы.

1. Что Ясону надо было бы обязательно взять с собой, чтобы выйти из машины времени и изучить живые организмы в архейскую эру? **(2 балла)**
2. Когда Ясон и Геракл сравнили свои исследования, то они были сильно удивлены, так как нашли в них много общего. Как вы думаете, что общего они нашли, а что отличалось? **(2 балла)**
3. Какие живые организмы, жившие в архейскую эру, стали причиной такого многообразия жизни в наше время и благодаря каким своим свойствам? **(2 балла)**

Ясон и Геракл решили изобрести медицинского наноробота для борьбы с особо опасными инфекциями. Прежде, чем перейти к своему изобретению, они решили изучить, какими особыми свойствами обладает макрофаг – клетка иммунной системы и что ее отличает от других клеток.

4. Как вы думаете, какими обязательными характеристиками должен обладать макрофаг, чтобы выполнять свою функции? **(2 балла)**

**Всего – 8 баллов**

В мультфильме «Смешарики. Прививка от Кроша» друзья Крош и Ежик решают помочь выздороветь заболевшему гриппом пингвину Пину. В специальной летающей и плавающей капсуле они уменьшаются, попадают в стакан с лекарством, который выпивает Пин, и проникают в его кровеносную систему, где отправляются на поиски «захватчиков» – вирусов гриппа и «собственной армии» Пина – иммунных клеток. Однако на самом деле все оказывается намного сложнее, чем они подозревали. В кровеносных сосудах Крош и Ежик встречают, как они считают, ужасных монстров: одни «плюются» липкими «снарядами», другие пытаются съесть уменьшающую капсулу с друзьями. При этом со всех сторон капсулу «толкают» многочисленные округлые красные клетки.

1. О каких «монстрах» идет речь и в чем их функция в организме? **(2 балла)**
2. Чем являлись липкие «снаряды»? В чем их функция и чем обеспечивается «прилипание» снарядов к предполагаемой мишени? Как Вы думаете, а могли эти «снаряды» на самом деле прилипнуть к уменьшающей капсуле Кроша и Ежика? За счет чего? **(4 балла)**
3. Каких бы «монстров» не было, если бы Пин был не пингвином, а, например, кузнечиком? Ответ обоснуйте. **(2 балла)**
4. Каких «монстров» встретили бы Крош и Ежик, если бы проникли не в кровь, а слои кожи? Назовите их и опишите функции. **(2 балла)**
5. Как Вы считаете, какую функцию выполняют многочисленные красные клетки? У кого эти клетки будут работать эффективнее, у пингвина Пина или, например, зайчика Кроша? Почему? **(2 балла)**
6. По сюжету мультфильма Пин отказался делать прививку от гриппа. Опишите, каким образом прививки помогают организму не заболеть или, во всяком случае, перенести заболевание быстрее и легче. **(2 балла)**

**Всего – 14 баллов**



Слышали ли Вы что-нибудь об орфанных заболеваниях? В эту категорию выделяют заболевания, которыми болеет небольшая часть популяции, это – редкие заболевания. При этом в какой-либо стране или среди группы людей заболевание может быть широко распространено, а другом региона мира или среди других групп людей чрезвычайно редким. Также не существует единых норм определения заболевания как редкого. В России, например, заболевание относят к категории редких, если зарегистрировано менее 10 случаев на 100 000 человек.

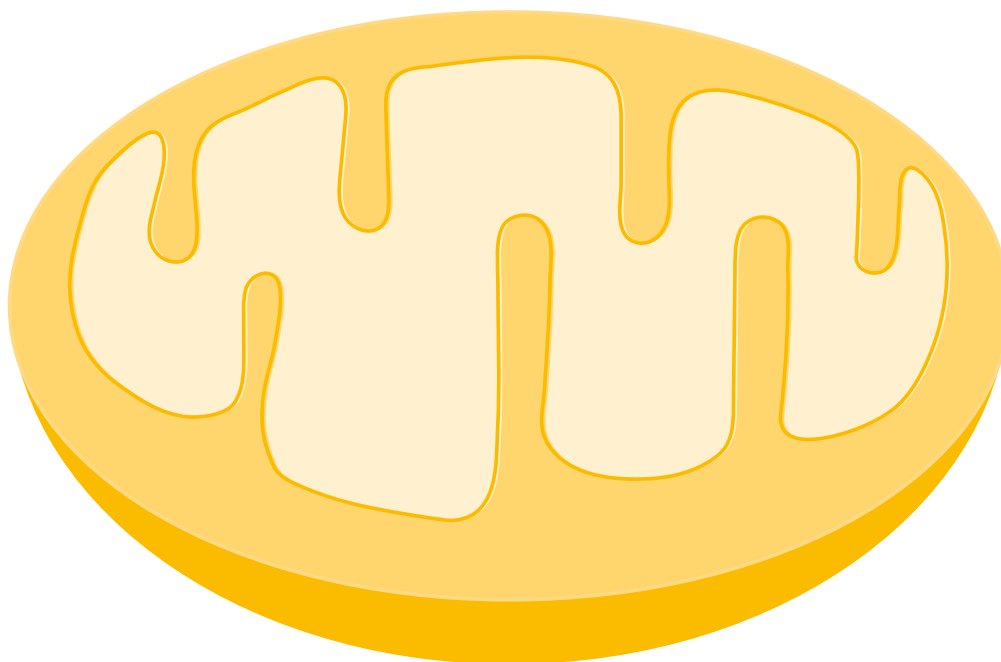
Основная проблема в случае наличия таких заболеваний – это сложность их диагностики, а значит и правильного лечения, из-за их редкой встречаемости, а также отсутствие необходимых лекарств и методов лечения, поскольку их крайне невыгодно разрабатывать. Обычно для стимуляции исследований орфанных заболеваний и разработки лекарств требуется поддержка государства или больших благотворительных фондов. Это приводит к тому, что около трети детей, имеющих редкие заболевания, не доживают до 5 лет.

Многие такие заболевания являются наследственными, при этом многие из них, как впрочем, и «обычные» заболевания, могут проявляться не сразу. В последнее время бурное развитие бионанотехнологии позволяет достаточно успешно выявлять, сдерживать и даже излечивать такие заболевания (одним из наиболее ранних и успешных примеров является фенилкетонурия). Ниже мы предлагаем вам проверить свои знания об одном из таких заболеваний – синдроме Рефсума.

1. Что такое синдром Рефсума? **(2 балла)**
2. Какая диета будет способствовать усилению проявления синдрома Рефсума – вегетарианская, углеводная, диета с большим содержанием молочных продуктов или диета с большим количеством мяса? (Обоснуйте свой ответ, в противном случае баллы не будут засчитаны) **(5 баллов)**
3. Почему при этом заболевании поражается нервная система? **(2 балла)**
4. Почему в малых сообществах наблюдается повышенное количество людей с этим синдромом? **(2 балла)**
5. Поможет ли прием антиоксидантов при развитии этого синдрома (обоснуйте свой ответ) **(2 балла)**
6. Какие варианты лечения вы бы предложили? **(2 балла)**

**Всего – 15 баллов**

**Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)  
Задача 7. Митохондриальные заболевания**



В эту группу выделяют наследственные заболевания, связанные с нарушением в функционировании митохондрий. Это приводит к нарушению энергетических функций в различных органах и тканях. В настоящее время не существует надежного способа лечения митохондриальных заболеваний, однако, развитие бионанотехнологических методов дает надежду пациентам, страдающим этими заболеваниями. Попробуйте ответить на несколько вопросов, связанных с митохондриальными заболеваниями.

1. Дайте точное определение митохондриальных заболеваний. **(2 балла)**
2. Каковы особенности строения митохондриального ДНК? **(2 балла)**
3. Кратко укажите как происходит наследование митохондриальной ДНК у человека, как вы думаете, почему так происходит? **(3 балла)**
4. Как вы думаете, почему митохондриальная ДНК считается менее устойчивой по сравнению с ядерной? **(2 балла)**
5. Почему одна и та же митохондриальная болезнь у разных пациентов может проявляться по-разному? Объясните Ваш ответ? **(5 баллов)**
6. В каких органах и тканях чаще всего проявляются митохондриальные заболевания? **(1 балл)**

**Всего – 15 баллов**

Студент-биолог Вася нырял с аквалангом ночью в море и увидел интересных полупрозрачных животных, светящихся сине-зеленым светом и переливающихся разными цветами. Поскольку Вася хорошо знал зоологию беспозвоночных, он сразу узнал, к какому типу относятся эти животные.

1. А вы знаете, какие животные изображены на photographиях? **(1 балл)**



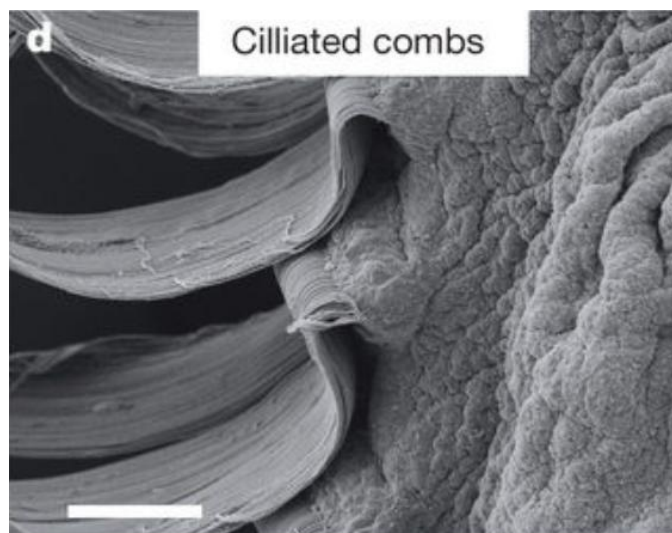
Постоянное свечение сине-зеленого цвета, как заметил Вася, сконцентрировано в 8 радиальных лучах, проходящих вдоль тела. «Ну, почему они светятся, это понятно», – подумал Вася.

2. А вы знаете, почему эти животные, как и многие другие подводные обитатели, светятся? **(2 балла)**
3. А почему свечение, как правило, имеет именно зелено-голубую окраску? **(3 балла)**

Однако поверх этого свечения было видно еще и другое, переливающееся всеми цветами радуги, которое распространялось от одного конца вытянутого тела к другому.

Вася заглянул в интернет и быстро нашел, с чем связано красивое радужное свечение. «Но как же так?» - подумал Вася, увидев полученную в электронный микроскоп photographию, подписанную «Гребные пластинки, образованные ресничками» и обратив внимание на масштаб (длина белой полосы на photographии равна 100 мкм). – «Ведь они слишком большие!»

4. С чем связано радужное переливающееся свечение этих животных? **(1 балл)**
5. А почему это свечение переливается и распространяется вдоль тела животного? **(2 балла)**
6. Что удивило Васю и в чем он увидел противоречие? **(2 балла)**



Но потом Вася нашел еще одну статью, и подумал: «Теперь понятно, откуда берутся радужные переливы! Эта структура как раз подходит по размерам».

7. Какую структуру имеет в виду Вася? **(4 балла)**

Потом Вася задумался: будет ли видно радужное свечение, если животных посадить в абсолютно темное пространство. Проведя не очень гуманный эксперимент и посадив животное в самую большую кювету спектрофлуориметра, какую он только нашел, он подтвердил свои догадки.

8. А вы как думаете – будет ли видно радужное свечение у этих животных в абсолютной темноте? Почему? **(2 балла)**

Пока студент Вася разбирался с радужным свечением, он заодно узнал, что глубоководные виды этих животных, как и многие другие глубоководные животные, имеют яркую красную пигментацию.



«Интересно! – подумал Вася. – Ведь в глубокие слои воды проникает очень мало света. Зачем нужна в темноте яркая окраска?» Но тут он вспомнил, что сами по себе многие морские животные светятся сине-зеленым светом, как он уже узнал раньше, и ему стало все понятно.

9. Почему глубоководные животные бывают окрашены в ярко-красный цвет? **(2 балла)**

**Всего – 19 баллов**

**Пожалуйста, при ответе ставьте номер вопроса, на который вы отвечаете. Ответы без указания вопроса засчитаны не будут.**

**Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)  
Задача 9. Вот это поворот!**



Афанасий Тимофеевич Филимонов прибывает на станцию Энергетическая с двумя чемоданами. Он становится возле дверей, а мимо него пробегают Парамон, а потом снова и снова. И тут – вот это поворот! – у Афанасия Тимофеевича уже три чемодана!

1. Расскажите, кто такие Афанасий Тимофеевич и Парамон, что представляют собой чемоданы и станция, а также какой поворот имеется в виду. **(1 балл)**
2. Сколько Парамонов должно пробежать мимо Афанасия Тимофеевича, чтобы он получил третий чемодан? **(2 балла)**
3. Сколько господин Филимонов может выручить, продав третий чемодан? За сколько может продать второй, когда у него осталось только 2 чемодана? Сколько он может получить, продавая последний чемодан? **(1 балл)**
4. Как мы видели, третий чемодан Афанасий Тимофеевич получает в дверях станции Энергетическая. А где еще ему могут выдать третий чемодан? **(1 балл)**
5. Как Афанасий Тимофеевич может получить второй чемодан, когда у него есть только один? **(2 балла)**

**Пожалуйста, при ответе ставьте номер вопроса, на который вы отвечаете.**

**Всего – 7 баллов**



**Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)  
Задача 10. Вижу цель, не замечаю препятствий**



*Картинки иллюстрируют избирательную проницаемость мембран.*

Живые клетки у растений и животных разделены мембранами на отдельные пространства – компартменты, так же, как дом разгорожен стенами на комнаты. И, конечно, вся клетка отделена надежной стеной – мембраной – от окружающей среды. Однако известно, что различные вещества могут проникать внутрь клетки или выходить наружу, а также перемещаться между компартментами. Как же транспортируемые вещества преодолевают такое серьезное препятствие, как мембрана?

Выберите все правильные ответы (их может быть больше одного), при необходимости ответ поясните (**по 1 баллу за каждый правильный ответ, за частично правильный – по 0.3 балла**)

1. К клеточным компартментам можно отнести:

- а. Ядро
- б. Эндоплазматический ретикулум
- в. Клеточный центр
- г. Микротрубочки
- д. Митохондрии

Поясните, почему Вы считаете, что выбранные Вами структуры являются компартментами клетки.

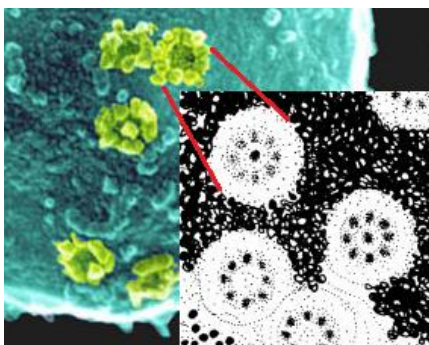
2. Через плазматическую мембрану напрямую (через липидный бислой), без специальных структур, предназначенных для транспортировки молекул могут проходить:

- а. Белки
- б. Антитела
- в. Кислород
- г. Гидрофильные (водорастворимые) соединения (например, глюкоза)
- д. Липофильные (жирорастворимые) соединения
- е. Никакие соединения через липидный бислой проходить не могут



Поясните, почему Вы считаете, что выбранные Вами вещества могут проникать через мембрану.

3. Какие приспособления в живой клетке существуют для того, чтобы обеспечить перенос веществ с одной стороны мембраны на другую?
  - а. Каналы (отверстия в мембране), образованные микротрубочками
  - б. Каналы (отверстия в мембране), образованные специальными белками
  - в. Отверстия в мембране размером более 500 нм
  - г. Белки-переносчики, присоединяющие вещество с одной стороны мембраны и перемещающие его на другую сторону в результате изменения своей формы (конформационной перестройки)
  - д. Поровые комплексы, образованные несколькими белками, пронизывающими мембрану
  
4. С помощью специальных приспособлений (всех, отмеченных Вами в п.3) возможен перенос с одной стороны мембраны на другую:
  - а. Только молекул воды
  - б. Только ионов
  - в. Ионов и низкомолекулярных соединений (молекул малых размеров)
  - г. Только высокомолекулярных соединений — белков и нуклеиновых кислот
  - д. Всех перечисленных выше веществ
  - е. Никаких из перечисленных выше веществ
  
5. В процессе экзоцитоза:
  - а. Клеточная мембрана выпячивается и отпочковывается наружу, образуя пузырек, содержащий транспортируемое вещество (например, нейромедиатор)
  - б. Пузырек подходит к мембране с внутренней стороны, сливается с ней и выбрасывает наружу транспортируемое вещество
  - в. Клеточная мембрана выпячивается вовнутрь и отпочковывается пузырек, содержащий вещество, который затем переносится к другим органеллам клетки
  - г. Клетка выворачивается наизнанку
  - д. Из клетки выбрасывается ядро и другие органеллы
  
6. Представленные на рисунке поры обеспечивают перенос:



- а. Глюкозы из внеклеточного пространства внутрь клетки
- б. Холестерина из аппарата Гольджи к клеточной мембране
- в. Иона водорода через мембрану митохондрий
- г. Молекул РНК через ядерную мембрану в цитоплазму
- д. Рибосом через ядерную мембрану внутрь ядра
- е. Ионов между двумя соседними клетками

**Всего – 6 баллов**



## Математика для школьников

Математика

Категория участников: школьники 7-11 классов

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 четырём предметам.

### Задания

#### 1. G-квадруплексы

Единичные нити ДНК\* с определенным расположением гуанина **G** способны самопроизвольно сворачиваться в четырёхцепочечные спирали – обладающие повышенной устойчивостью G-квадруплексы, которые участвуют во многих жизненно важных процессах...

#### 2. Тетраэдры и пирамиды

Два школьника получили одинаковые наборы шариков и задание: сложить из них модели тетраэдрических и пирамидальных нанокластеров так, чтобы ни одного лишнего шарика не осталось. Оба школьника с заданием справились...

#### 3. Рост дендримера

Рост дендримера – макромолекулы с симметричной древообразной структурой с регулярными ветвлениями – происходит поэтапно, поколение за поколением. Число мономерных звеньев, присоединившихся к звену предыдущего поколения, называют коэффициентом ветвления **k**...

#### 4. Пористый материал

Из некоторого вещества с истинной плотностью  $\rho = 3 \text{ г/см}^3$  получили пористый материал

**M** с удельной площадью поверхности пор  $S_{уд} = 500 \text{ м}^2/\text{г}$ . Известно, что все поры материала **M** имеют форму цилиндров радиуса **r**, оси этих цилиндров параллельны...

## 5. Полые металлические кластеры

Поверхность полого высоко симметричного металлического кластера (ПМК)  $M_{N(n,m)}$  можно представить в виде «выкройки» из плотноупакованного листа атомов металла **M**. Такая «выкройка» состоит из 20 одинаковых равносторонних треугольников...

## 6. ДНК для хранения информации: от теории к практике

Молекулы ДНК обладают одной из самых больших плотностей хранения информации. Недавно группа ученых предложила способ кодирования информации с использованием адресной записи в короткие последовательности нуклеотидов...

## 7. Золотые октаэдры

Атомы золота могут образовывать кластеры в форме: а) октаэдра **O** с ребром **n** атомов; б) правильного усеченного октаэдра **TO** с ребром **m** атомов и общим числом атомов. Сколько атомов золота приходится на каждую грань октаэдрического кластера с ребром в **n** атомов?..

## 8. Наноторы из нанотрубок: от больших к самому маленькому

Если вырезанную из листа графена фигуру свернуть и затем склеить по горизонтальному «шву» как показано на рис., то мы получим углеродную нанотрубку. Сгибая эту трубку и склеивая ее торцы, мы получаем углеродный нанотор...

## 9. Фуллерены

Молекулы фуллеренов представляют собой выпуклые многогранники, составленные из атомов углерода\* и имеющие только пяти- и шестиугольные грани. Воспользовавшись теоремой Эйлера для выпуклых многогранников...

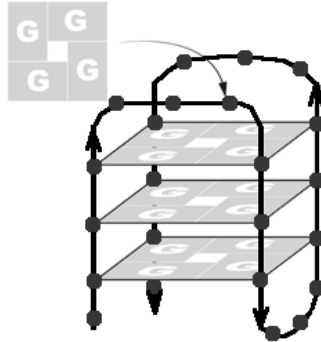
## 10. Изомерия икосаэдрических фуллеренов

Любой икосаэдрический фуллерен можно представить в виде «выкройки» на графеновой плоскости. Общее число атомов при этом определяется по формуле. Изомерными называются молекулы икосаэдрических фуллеренов, имеющие одинаковое число атомов **N**...

## Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 1. G-квадруплексы

Единичные нити ДНК\* с определенным расположением гуанина **G** способны самопроизвольно сворачиваться в четырёхцепочечные спирали – обладающие повышенной устойчивостью G-квадруплексы, которые участвуют во многих жизненно важных процессах и широко представлены во всех известных геномах. При этом четыре нуклеотида **G** из разных цепей образуют плоскую структуру, называемую G-квартетом (см. рис.).



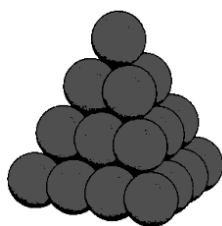
1. Найдите вероятность того, что случайная последовательность ДНК фиксированной длины является G-квадруплексом с взаимным расположением G-квартетов и петель как на рисунке. Считать, что:
  - первый и последний символы в G-квадруплексе не являются гуанином;
  - все три петли G-квадруплекса а) могут содержать **G (2 балла)** и б) не содержат **G. (2 балла)**
2. Для случая (б) рассчитайте долю **G** в общем числе нуклеотидов нити ДНК, отвечающей G-квадруплексу. **(1 балл)** Во сколько раз она отличается от доли нуклеотидов **G** для случайной последовательности ДНК? **(1 балл)**

\* Наследственную информацию в ДНК-последовательности можно рассматривать как строку текста, записанную четырьмя буквами – **A, G, T, C**, которые отвечают четырем нуклеотидам.

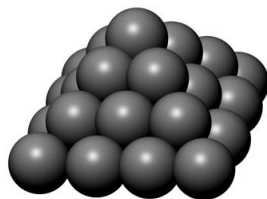
**Всего – 6 баллов**

**Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**

**Задача 2. Тетраэдры и пирамиды**



*a*



*б*

$$Td_n = (n^3 + 3n^2 + 2n) / 6$$

$$P_n = (2n^3 + 3n^2 + n) / 6$$

*в*

*Рис. Примеры моделей а) тетраэдрического  $Td_4$  и б) пирамидального  $P_4$  нанокластеров с длиной ребра  $n = 4$  атома. в) Зависимости общего числа атомов в нанокластерах от длин их ребер.*

Два школьника получили одинаковые наборы шариков и задание: сложить из них модели тетраэдрических и пирамидальных нанокластеров так, чтобы ни одного лишнего шарика не осталось.

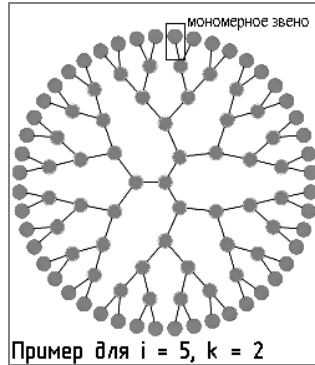
Оба школьника с заданием справились. Первый построил пять моделей нанокластеров: тетраэдрическую  $Td_7$  и пирамидальные –  $P_x$ , две  $P_{2x}$  и  $P_{4x}$ . Второй школьник сложил восемь моделей тетраэдрических нанокластеров: пять  $Td_x$ , одну  $Td_{x+7}$  и две  $Td_{4x}$ .

Сколько шариков было в наборе?

**Всего – 5 баллов**

## Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Задача 3. Рост дендримера

Рост дендримера – макромолекулы с симметричной древообразной структурой с регулярными ветвлениями – происходит поэтапно, поколение за поколением. Число мономерных звеньев, присоединившихся к звену предыдущего поколения, называют коэффициентом ветвления  $k$ .



1. Найдите максимальный размер молекулы дендримера (радиус  $R$ , число поколений  $i'$ ), схема ветвления которого все еще отвечает представленной на рисунке. **(3 балла)**
2. По какой причине дальнейший рост молекулы приведет к изменению величины  $k$ ? **(1,5 балла)** Рассчитайте  $k$  для поколения  $i' + 1$ . **(1 балл)**
3. Выведите и постройте в виде графика общий вид зависимости  $k(i)$ . **(2 балла)** Какова величина  $k$  для бесконечно больших молекул дендримера? **(1,5 балла)**

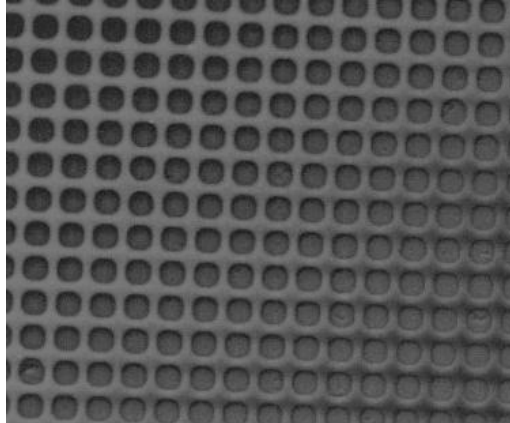
Примите, что:

- в любом поколении молекула дендримера имеет форму сферы;
- радиус дендримера с каждым поколением увеличивается на  $l = 1$  нм;
- радиус области, занимаемой одним мономерным звеном на поверхности молекулы, равен  $r = 0,25$  нм.

**Всего – 9 баллов**



**Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 4. Пористый материал**



Из некоторого вещества с истинной<sup>1</sup> плотностью  $\rho = 3 \text{ г/см}^3$  получили пористый материал **М** с удельной<sup>2</sup> площадью поверхности пор  $S_{\text{уд}} = 500 \text{ м}^2/\text{г}$ . Известно, что все поры материала **М** имеют форму цилиндров радиуса  $r$ , оси этих цилиндров параллельны и расположены друг относительно друга в вершинах квадрата со стороной  $2,1r$ .

Рассчитайте  $r$  (в нм), общую удельную<sup>2</sup> длину пор  $l_{\text{п(уд)}}$  (в м/г), кажущуюся<sup>3</sup> ( $\rho'$ ) плотность (в  $\text{г/см}^3$ ) и величину пористости<sup>4</sup>  $\gamma$  материала **М**.

Подсказка: для удобства расчетов можно считать образец материала **М** кубом со стороной  $a$ .

<sup>1</sup> Истинная плотность – это масса единичного объема сплошного материала без пор.

<sup>2</sup> Удельная величина – это величина, отнесенная к единице массы образца.

<sup>3</sup> Кажущаяся (средняя) плотность – это масса единичного объема материала с учетом пор.

<sup>4</sup> Пористость – это величина, равная отношению суммарного объема пор к общему объему пористого материала.

**Всего – 10 баллов**



**Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 6. ДНК для хранения информации: от теории к практике**

Молекулы ДНК обладают одной из самых больших плотностей хранения информации. Недавно группа ученых предложила способ кодирования информации с использованием адресной записи в короткие последовательности нуклеотидов. Например, ученые смогли закодировать в ДНК, а затем успешно прочесть разнообразные файлы с данными, включая 3 изображения (рис. 1) и даже операционную систему. Такой способ позволяет быстро находить и считывать только нужные фрагменты данных, не требуя технически сложно реализуемых чтения и записи длинных молекул ДНК.



Рис. 1

Рассмотрим пример использования такого способа кодирования информации (рис. 2). Файл, состоящий из логических нулей и единиц, кодируется последовательностью нуклеотидов, записанной 4 буквами (A, C G, T), которая содержит такое же количество информации. Эта последовательность затем разбивается на строки, содержащие не более 192 нуклеотидов (блок II, рис. 2). Порядковый номер строк (начиная с 0) называется адресом и кодируется в последовательности из 8 нуклеотидов (блок I, рис. 2), для этого он записывается в двоичном виде и кодируется тем же кодом, что и остальные данные.



Рис. 2

1. Найдите, какой максимальный объем файла (в мегабайтах) можно закодировать таким способом. **(2 балла)**

Далее приведены все прочтенные ДНК-цепочки (расположенные в случайном порядке), отвечающие некоторому файлу-изображению.

2. Сколько строк и символов нуклеотидов содержит такая запись файла, **(1 балл)** рассчитайте размер (в байтах) исходного файла изображения. **(1 балл)**

3. Сколько возможных вариантов нуклеотидного кода существует для такой записи файла? **(1 балл)** Установите, каким вариантом кода было закодировано изображение. **(3,5 балла)**
4. Напишите программу\*, с помощью которой можно будет декодировать эту ДНК-запись изображения, и опишите вкратце алгоритм ее работы. Что изображено на закодированной картинке? **(8,5 баллов)**

\* Программу можно написать на любом языке программирования, но обязательно приведите ее исходный код и полученный файл **image.png**.

Учтите, что в файл изображения **image.png** по мере декодирования необходимо записывать не *текстовые символы* «0» «1», а *двоичные коды*: «0» «1» (при этом размер файла должен соответствовать рассчитанному в п.2). Если нет ответа на вопрос 3, то при декодировании файла переберите все возможные варианты кодировок: только верный вариант кода позволит открыть и увидеть картинку.

Приведенные ниже последовательности можно скачать в виде текстового файла **image.txt** (архив: <http://enanos.nanometer.ru/uploads/archive/image.zip>).

GGGGGGTGCTGTGAGCGCGCGGACCGGCCGAGTATCCCCTATTCTAAATAAGAACTCTTTTGTCCACATTATACTAACT  
GAATATATCCCAGCGAGGGCGTTTCGTACCCCTCGAAGGATCACTCATTCATCCGGATTTAAGCAAGACGTGAACAGTTCTG  
TCAGACGTCTCTCGACCTGTCAGTCTCTTCTTGGCGGTGGA

GGGGGGATCGGCGGCTTCACTACTCTACAACCAACAACGGACGGCTACCAAGGGTGTAGAGCGATAGAGGCAACAACCC  
CTAGACCTAGCCACGCAACAACCTGACCTTGACAGGCCCGCGCGGTAGAAGGCTTTATAATTCGAGCTTGCCCTAGTAGAC  
TGGTAGATTAGCGCAGTACGGGGCCGCAATAAGTTCCGGTA

GGGGGCGTGGGGGGGGGGGGGGGGCGTCCGCCGATCGCGTTATCGGTCTGGTGGT

GGGGGGAGAATCGTAAAGACGGTGCCTCATCACAACCTTCCCAGAAGAGTCCCGAGCTCGGCTTCAGTCGGAGTTTGTAG  
GTGCGGGTGTTCACAGGCTGGCCCCCGTGTCTCGAGTGTTCGTAGCTTCCCTCACGTTGTGGGTGTTTCGTGTGGTTTT  
TAGTGGACGTTTCGACCTCACCTACGACCCAAGCTACTAGA

GGGGGGGAGGTTTTTCGGAGCATCACACAGTCTCGTCCGTTCAATCGCCGACTAACCAACGCGTATCCAATCAAAG  
AACTCGAACAATCCACCTAACGGCTGACCCGGCGCACCCAATGCATGTGGAATCATGCGTATACGGGGCTAATACGCCAG  
CGGAATCTCGGCCGAGTTTATGGCTGATAATGTAAGAGTA

GGGGGGCGTCCTTTTCTTATGACCGGTGCCTGGTTCCTGCTCGCCGCACCTTACAATGGCACAATGCGGTAAACAATC  
TCTTGCAATTCGGCAATGTGAAAGGCGCGTGACACCGGAATCCGACATCACAATATTTCTGGATGGGTTTTGTCTCTAT  
GCTAGAGACTGTGCGGATAGCCGATCATTACCTGCCTCGTC

GGGGGGCTTAGGATCGTGGTATCACCGATTCTAAGACTGTCCCGCTCATGGCATTGAGTCGCCAACTTGGAGGTGCC  
TCCCCCCCCCCCCACCCATTCACGGCTTGCTTACGCGTATTCTAGATCCCAGGATCGTATCTTAACGGGCAAGATAAT  
CCTCATGGCCCGTAAGAGATGGGGCGGTGAGCCGGAGCAT

GGGGGGCAAAAGGGCATTGCAAGAGCTTGTCCGTAGGAACCTAGTTTCCCTAACTTCCAAGAAGAGGCGGATGCCCGCG  
GGTCAGACTAATGTTTCACTTTAGTCAAACGCGAGACTTAGTGTTTAAAGCGAATCGCCCTCAGCGCGGATCTCCAACA  
ATATGCCGGTCACCTCAGAGTTCATGTGCCAATAGAAGCG

GGGGGGAAACAGCTCGGGGACATTGCACACGGATCTGGATGCCTTCTAGTGGATCTGTTTGACCCCTACTGTATCTGC  
AGGTGGAACATAGGCTCCTATGGTGTGTTTCGCGCCGGAAGCTTCGGCCGCGGATATGGATGGCCCCGTAGCGTATAGCG  
TTGAGGACCCAAAATCGGCCGCCCGTTGATGCTTAGTAGC

GGGGGCGCTTGTGTGACGGCACCATCGGTGACTGGTTCGCTCCGCTGTTTGGCAAATCACTTAGAACGATTAGACTACAA  
AGGCTATACCGCCTCCTTCGGAGTAATCCGGGTACTGTTCAATTCGGCTCGCGCACGTCCCCTCTTCATGTTCTAGCGG  
CCAATGGGCCCATTTGACTATAGTGCCGGCATGATTTCTGGA

GGGGGGTCAAGTACCACAACCTTAGGATGTTCAAGAAACGGAGTTAGATTAGATCGAGATCCCGAATGCAAAGCGATA  
CACGAAGATTAGGGCAGAGTTAGTGTTCGACGTTTTTTTCGCCGAAGATATACACCCACTACCGTTAAGACGTGCTCTTC  
CCAGGTCCTAGTGTAAAGGCGGGAACGAAACGAGCATATT

GGGGGGTTTTATATTATATTTTATTATAACACCTATCGGACTGAACCGTAATCCACGTGTTTGAACCTTACATCTCGCC  
TACTGAAATATCCATGAGCCCTACAAAAGTGACTCTAACACTGTCTCTATAACACTCTTTAATATATGGCCGCACATTC  
CCTTAGAGCCGGAGCATGAGGTTTGACGTGAATAAACCCGC

GGGGGGTATGAGTGATACACTACCTGAATTCCTTATCATGGGGCGAAACTTTGGCTAATTCTCACCGAAAGCGATTGCAC  
GCGCCTATGCCTGTCAGTGAGCCGAGTTCATCGCCAGGGACCAAACCACTTAAACGCGATCTAGGATTTTGAACGATCC  
CGACGAATCGACCGTGCCGGATCGCCCAAGCGAGAGTGCCG

GGGGGGGCAGAGGGAGCCCCGAGGGGAAGCTCCAGATGGGGCAGTTGACGTACGCTGGCAGCACCATATGACAATGGCG  
TCGCCGGGGCGGGACGCCATAACCGGAATGGTAGCGCCGAAGATCTGTGTGAACCGGGAGCTCGAGCACCGGCAGGGATGG  
TGTTTCCGCGCCGGTACAGTCGAAATCCTCGCGGGCGGAGTG

GGGGGGACGAGCTGTGCATACTTGTACCTTACCTAACTGTGTCAAGGCGTGCAGAGTTATCGGGAATACGACATGACAA  
CATCTGCGCCGAGAGCGGCAGAGTTCACAGGCGCATGTTGACCTCCTTGTGATATTTAATTATGGACAGTGTAAAGCCG  
TGAGATACCTTATATTATACTCTACCGGCTGAGAACGACCC

GGGGGCGGACTCCGAGATCGGTATACCTCCTCGTAAATGGTGCCTTAGCAGGGTTTACTGGTCGTTATCGCAGAAT  
GCGATTCTTACTCTGAAGCCATCGTGTGGGTCTCTGGTTCCCTAGCGCAGGTTCTGGACGTCTGGGCGCGCCGGTAGGCCT  
GATGCTGTCATGTAAGAGCTCCGGCCTCGTTGTGTGTCAGGTA

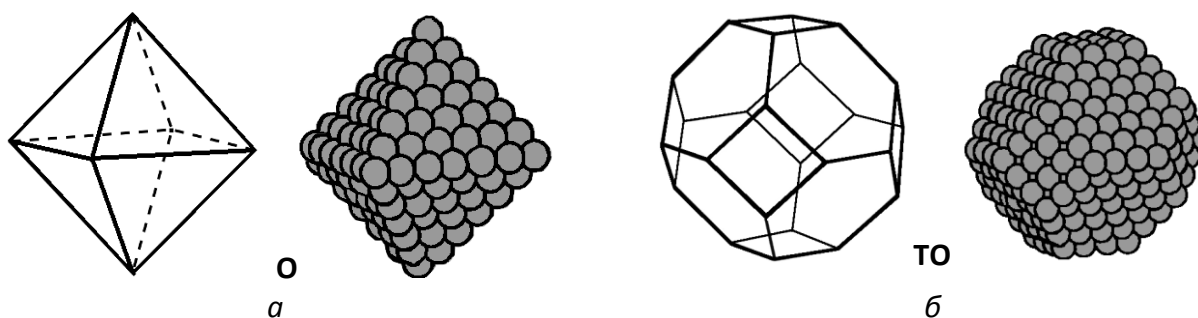
GGGGGGGGTGTCCCGGCGATCGCAGGACGGTTGCTTGGTTGGGGGGGGGGGGGACCGTCCGTGCGCGCCGTGGGGGGG  
GGGGGTCAGGGGGGGGGGGGGGAGGGGTGGGGTGGGGGGGGGGGGCTTAGGCGTGCCTGAAGGGGGGGGGGAGAGACGT  
CCGCGCGGCCCGCATGACTTATAACCTAGATACTATAGGA

GGGGGGGTGACTGTACTCGCATAATCGCTCCGGTCCGTATATATAATATAATCCCGGTGGTAAGTTCGGCGGGGTGTG  
CCCCCTCGGGGACCGTATTTACCTTAACGATCGGTTGCAGTATGGCAGTCTTCTAAAAGACAGGGTCTGTGCCTCCCC  
TCGTCTTCTCAGTGGGGACATACTTGGCGCCCGTGTCTAAG

GGGGGGCCTTGGTAATTATAATTTGCGACATGGCACCCATAATCCCGATGTTCAAATTTCCATGAGTCAAGAAATCGCA  
GTGCAAGCCATTAACCTATCTACCGTCTTTTAAAACAAGAAAGCATGGAATTCACCGAGCAAATAGATAATCCTTATCGG  
AAAGACTACGCGCCATCCTAATGATGTATACTCTCTTGTGCG

**Всего – 17 баллов**

Задача 7. Золотые октаэдры



Атомы золота могут образовывать кластеры в форме:

а) октаэдра **O** с ребром **n** атомов и общим числом атомов  $O(n) = (2n^3 + n)/3$ ;

б) правильного усеченного октаэдра **TO** с ребром **m** атомов и общим числом атомов  $TO(m) = 16m^3 - 33m^2 + 24m - 6$ . На рисунке приведены примеры для **n = 7** и **m = 4**.

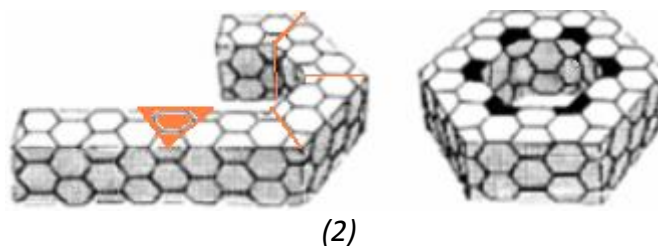
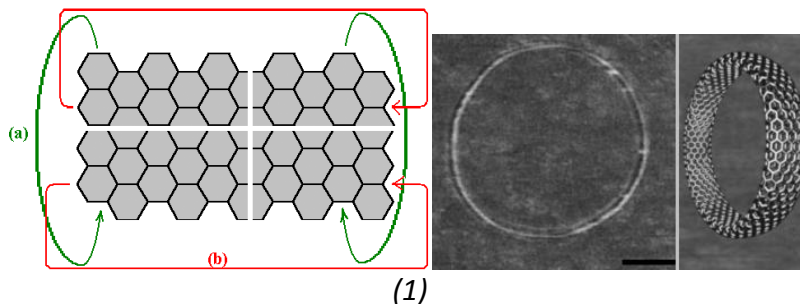
1. Сколько атомов золота приходится на каждую грань октаэдрического кластера с ребром в **n** атомов? **(0,5 балла)** Выведите общую формулу для числа атомов в поверхностном слое золотого октаэдра  $S_O(n)$ . **(1,5 балла)**
2. Форму каких многоугольников имеют грани усеченного октаэдра? **(0,5 балла)** Сколько атомов золота приходится на каждый из них для кластера **TO** с ребром в **m** атомов? **(1,5 балла)** Выведите общую формулу для числа атомов в поверхностном слое золотого октаэдра  $S_{TO}(m)$ . **(2 балла)**
3. Как правило, при близком общем числе атомов золота более предпочтительной является форма кластера, имеющая меньшую площадь поверхности. Рассчитайте доли поверхностных атомов\* для усеченного октаэдра с ребром **m = 5** и для октаэдра, усечением которого он получен, и сделайте вывод, какая форма кластера золота будет более предпочтительной. **(3 балла)**

\* Доля поверхностных атомов – отношение числа поверхностных атомов к общему числу атомов.

**Всего – 9 баллов**

## Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 8. Наноторы из нанотрубок: от больших к самому маленькому



Если вырезанную из листа графена фигуру (рис. 1) свернуть и затем склеить по горизонтальному «шву» как показано на рис. 1 (а), то мы получим углеродную нанотрубку. Сгибая эту трубку и склеивая ее торцы (рис. 1 (б)), мы получаем углеродный нанотор, состоящий исключительно из шестиугольных граней.

Для любых торов величина  $\chi = V - E + F$  (где  $V$ ,  $F$ ,  $E$  – количество вершин, граней и ребер, соответственно), называемая Эйлеровой характеристикой, является постоянной.

1. Допустим, нанотор (1) содержит  $m$  шестиугольников. Рассчитайте, сколько вершин  $n$  и ребер  $E$  он имеет. **(1 балл)** Найдите  $\chi$  для тора. **(1 балл)**
2. Выведите формулу, описывающую в общем виде зависимость  $n$  для произвольного нанотора, содержащего пяти-, шести- и семиугольные грани, от числа граней каждого типа. Основываясь на полученном значении  $\chi$ , определите, существуют ли для наноторов (как в случае фуллеренов) ограничения на количество нешестиугольных граней? **(2 балла)**

Хотя при получении нанотора (1) склейка (а) листа графена в нанотрубку не меняет длины ребер в шестиугольниках, склейка (б) невозможна без их искажения. Однако, если из нанотрубки удалить  $b$  сегментов, как показано на рис. 2, то можно получить тор (нанотор (2)) без искажений длин ребер. При этом в местах удаления сегментов образуются пяти- и семиугольники, число которых будет постоянно для всех наноторов такого типа (см. задачу, [«Углеродный нанобублик»](#)).

3. Установите формулы (число атомов углерода) самых маленьких торов первого и второго типов. **(2 балла)** Постройте их развертки на плоскости (как показано на рис. 1). **(4 балла)**

**Всего – 10 баллов**





## Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 9. Фуллерены

Молекулы фуллеренов представляют собой выпуклые многогранники, составленные из атомов углерода\* и имеющие только пяти- и шестиугольные грани. Воспользовавшись теоремой Эйлера для выпуклых многогранников, рассчитайте, сколько одинарных и двойных связей, а также пяти- и шестиугольников имеют фуллерены  $C_{2017}$  и  $C_{2018}$ .

\* Каждый атом углерода образует две одинарных и одну двойную связь с соседними атомами.

**Всего – 6 баллов**

**Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 10. Изомерия икосаэдрических фуллеренов**

Любой икосаэдрический фуллерен можно представить в виде «выкройки» на графеновой плоскости (рис. 1).

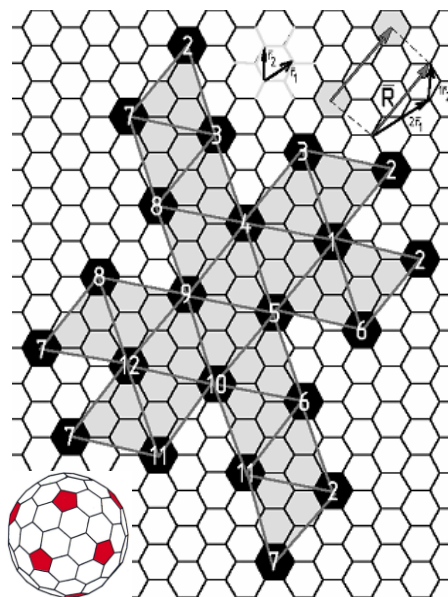


Рис. 1. Пример развертки икосаэдрического фуллерена  $C_{140}$  на графеновой плоскости ( $n = 2, m = 1$ ); если склеить вершины треугольников с одинаковыми номерами, получится фуллерен. На графеновой плоскости отмечены единичные векторы  $r_1$  и  $r_2$  и показан задающий развертку вектор  $\vec{R} = 2\vec{r}_1 + 1\vec{r}_2$ .

Общее число атомов при этом определяется по формуле  $N = 20(n^2 + nm + m^2)$ , где неотрицательные числа  $n$  и  $m$  – индексы хиральности – задают радиус-вектор  $\vec{R} = n\vec{r}_1 + m\vec{r}_2$ , длина которого равна стороне треугольника «выкройки». Изомерными называются молекулы икосаэдрических фуллеренов, имеющие одинаковое число атомов  $N$ , но разную сумму индексов хиральности  $c = n + m$ .

1. Рассматривая зависимость  $c(n)$  для изомеров произвольного икосаэдрического фуллерена  $C_N$  как непрерывную функцию, найдите значения  $c_{\min}$  и  $c_{\max}$ . Запишите индексы хиральности  $(n, m)$  для этих изомеров через  $X = N/20$ . **(7 баллов)**  
Возможно ли для реального фуллерена  $C_N$  одновременное существование изомеров с суммами индексов хиральности  $c_{\min}$  и  $c_{\max}$ ? **(1 балл)**
2. Икосаэдрический фуллерен  $C_{242060}$  имеет шесть изомеров. Найдите  $(n, m)$  для изомеров  $C_{242060}$ , имеющих минимальное и максимальное значение  $c$ . Поясните логику поиска. **(8 баллов)**

В рамках задачи считайте фуллерены  $(n, m)$  и  $(m, n)$  одним и тем же изомером.

**Всего – 16 баллов**



## Конкурс тьюторов

Конкурс Тьюторов

Категория участников: студенты, аспиранты, молодые ученые, учителя, преподаватели

Конкурс руководителей школьных проектов - тьюторов.

### Задание

В современной системе образования все более существенной становится роль тьютора – преподавателя, наставника, курирующего проектную деятельность школьников. Очень часто тьютор является ключевым звеном в выборе темы и обсуждении способов достижения результатов, в мотивации школьников на выполнение проекта, помощником в корректной интерпретации полученных результатов и поиске перспектив развития проекта. Быть тьютором – значит быть неординарным человеком, сподвижником, ходячей энциклопедией знаний, сосудом ярких идей. Ежегодный конкурс тьюторов призван помочь нашей молодой школьной смене, обществу найти этих редких и крайне важных людей, чтобы поделиться их идеями и достижениями, вдохновить школьников на новые открытия и формирование их научного мировоззрения.

Для участия в конкурсе Вам необходимо ознакомиться с положением и предоставить паспорт проекта по предлагаемой форме (файл с заданием ниже).



## **Конкурс тьюторов (заочный тур)** **Форма заявки на участие в конкурсе – паспорт проекта**

*Паспорт проекта предоставляется на конкурсной основе для отбора лучших руководителей проектных команд школьников и рассматривается как внутренний конфиденциальный конкурсный документ (не публикуется на сайте, школьникам не передается). Файл заявки в формате pdf необходимо загрузить на сайт Олимпиады в раздел Конкурсы – «Конкурс тьюторов», предварительно создав личный профиль на сайте Олимпиады или отредактировав (обновив) существующий.*

### **Часть А. Идентификационная.**

#### **A1. Автор-руководитель проекта (не оценивается)**

*Фамилия, имя, отчество куратора проекта полностью.*

#### **A2. Статус, ученая степень (до 5 баллов)**

*Указывается текущий статус в настоящий момент (студент, аспирант, преподаватель и др.) и ученая степень (при наличии).*

#### **A3. Организация (до 5 баллов)**

*Место учебы / работы.*

#### **A4. Перечень достижений в науке, технике, работе со школьниками, опыт образовательной деятельности (до 10 баллов)**

*Краткое жизнеописание. Объем – до 2000 знаков.*

#### **A5. Координаты для связи (не оценивается)**

*Телефон, адрес электронной почты, сайт, соцсети (при наличии).*

#### **A6. Название проекта (до 1 балла)**

#### **A7. Краткая аннотация проекта (до 3 баллов)**

*Объем – до 1000 знаков.*

#### **A8. Научно-популярное описание проекта (до 8 баллов)**

*Примерная структура блока: введение, состояние дел в предметной области проекта, актуальность, новизна, цель, задачи, рисунки, список источников. Объем – до 5 000 знаков.*

#### **A9. Целевая аудитория школьников (не оценивается)**

*Указывается, для школьников каких классов предназначен проект. По умолчанию предполагается, что проект будет реализован группой из 5 – 6 школьников.*

**Часть Б. Материально-техническая и методическая.**

**Б1. Методы работы со школьниками (до 10 баллов)**

*Краткое описание образовательных технологий, конкретных методических и психологических приемов, которые куратор планирует использовать в проекте для работы со школьниками. Также указываются способы организации самостоятельной работы школьников, целеполагание, описание методов развития самостоятельности и творчества школьников, описание задач, на решение которых направлен проект, и навыков, которые будут получены участником проекта в результате выполнения. Объем – до 3000 знаков.*

**Б2. Оборудование (до 5 баллов)**

*Приводится описание оборудования, необходимого для реализации проекта. Может быть представлено в виде таблицы:*

№	Оборудование, запросы на прототипирование или сборку из готовых составляющих	Описание, цели использования

**Б3. Материалы (до 5 баллов)**

*Перечень необходимых реактивов, расходных материалов, программного обеспечения, стандартных инженерных компонентов и составляющих, требуемых для реализации проекта. Может быть представлено в виде таблицы:*

№	Реактивы, материалы, компоненты, описание, номенклатура, количество	Форма использования, цели использования

**Б4. Предостережения по технике безопасности (до 2 баллов)**

*Объем – до 2000 знаков.*

**Часть В. Научно-исследовательская (опытно-конструкторская).**

**В1. Предполагаемый план-график выполнения проекта (до 20 баллов)**

*Следует предоставить расписанный по дням краткий план реализации проекта, включая теоретическую, экспериментальную часть, темы дополнительных вопросов и домашних заданий для самостоятельной работы школьников, подготовку отчета и презентации. План должен быть привязан к задачам выполнения проекта и вести к достижению основной цели проекта, выполнение самостоятельной работы должно согласовываться с предложениями в пункте Б1. При планировании желательно обозначить блоки / стадии по (1) анализу предмета темы работы и современного состояния дел с участием школьников и выбора ими путей решения задач, (2) получению веществ и материалов школьниками, (3) разработке конструкции прототипа школьниками, (4) созданию / сборке устройства или опытного образца школьниками, (5) испытанию / анализу образца / прототипа с участием школьников, (6) сопоставлению с аналогами самими школьниками, (7) анализу перспектив практического / коммерческого использования в результате самостоятельной работы школьников. План-график может быть представлен в виде следующей таблицы (примерное количество дней для выполнения проекта – 21):*

День	Стадия, название работ и связь с решаемыми задачами	Описание (смысл) работ	Кратное описание видов самостоятельной работы школьников по каждому этапу-стадии, включая перечень домашних заданий	Примечания
1				
2				
...				
21				

**Часть Г. Отчетная.**

**Г1. Методы проведения школьниками анализа результатов и их сопоставления с аналогами / близкими известными разработками (до 5 баллов)**

*Необходимо описать, как планируется организовать работу школьников по анализу полученных результатов, поиску и сопоставлению с аналогами, защите новизны сделанной ими разработки с проведением оценочного анализа себестоимости разработки, возможных путей ее производства, внедрения, доступности рынка для коммерциализации и рекламы. Школьники должны практически получить простейшие представления по маркетинговым исследованиям и технопредпринимательству. Объем – до 2000 знаков.*

**Г2. Методы подготовки отчета и презентации школьниками на конференции (до 3 баллов)**

*Перечень рекомендаций по подготовке школьником презентации и ключевым пунктам возможного выступления на конференции. Объем – до 1000 знаков.*

статьи



## Просто о сложном

Просто о сложном

Категория участников: студенты, аспиранты, молодые ученые

Конкурс научно-популярных статей, представленных авторами на основе своих публикаций в высокорейтинговых научных журналах. В статье авторам необходимо раскрыть суть разработки и объяснить сложные аспекты своей научной работы простым языком. Конкурс проводится совместно с Автономной некоммерческой организацией "Электронное образование для nanoиндустрии" (eNANO, ФИОП).

### Задание

Самые выдающиеся научные и инженерные работы в России и во всем мире создаются талантливыми молодыми людьми – студентами, аспирантами, молодыми учеными, которые готовы поделиться своим опытом со всеми окружающими ими людьми. Известно, что если одной фразой нельзя выразить смысл или идею самой сложной работы, то автор данной идеи, вероятно, сам не понимает ее до конца. Это особый талант – правильно объяснять простыми словами сложные вещи. Им должны обладать не только научные журналисты и выдающиеся лекторы и ораторы, но и сами ученые – творцы новых идей и открытий. Именно поэтому настоящий Конкурс предназначен для тех **студентов, аспирантов, молодых ученых**, которые готовы **популяризовать собственные научные идеи** и идеи научных групп, в которых они работают.

Для участия в конкурсе необходимо ознакомиться с положением и отправить через сайт работу, представленную согласно форме (файл с заданием ниже).



## Конкурс работ молодых ученых «Просто о сложном» (заочный тур) Форма заявки на участие в конкурсе

Работа на конкурс предоставляется только через сайт Олимпиады (<http://enanos.nanometer.ru>) в виде одного файла заявки в формате pdf. Форматирование текста – размер шрифта 12 pt, одинарный межстрочный интервал, лист формата А4, отступы по 2 см от всех краев листа. Файл – не более 10 Мб. Файл необходимо загрузить на сайт Олимпиады в раздел Конкурсы – конкурс "Просто о сложном", предварительно создав личный профиль на сайте или отредактировав (обновив) существующий.

**1. Авторы, название статей в ведущих научных журналах (5 баллов).**

Указать список статей с прямыми гиперссылками на них на сайтах журналов, на основе которых пишется научно-популярная статья. Объем – не более 1000 символов.

**2. Самостоятельно подготовленный иллюстративный материал (5 баллов).**

Включает фото, схемы, инфографику, рисунки и т.д. Объем – не более 5 иллюстраций.

**3. Научно-популярная статья (35 баллов).**

Статья включает заголовок, подзаголовок, введение и другие необходимые структурные элементы. Оценивается полнота, стиль, оригинальность подачи материала, популярность изложения, самодостаточность и лаконичность. Формат изложения выбирается самим участником: очерк, статья, репортаж, интервью и т.д. Объем – не более 10 страниц.

**4. CV (жизнеописание) (5 баллов).**

Включает в себя общий список публикаций, места работы или учебы в РФ и вне ее пределов, премии и награды. Объем – не более 2 страниц.

**5. Описание собственного вклада в работу (5 баллов).**

Объем – не более 1 страницы.

**6. Наличие сайта или блога, посвященного рассматриваемой теме (5 баллов).**

**Всего – 60 баллов.**