



## Юный эрудит (заочный тур)

### Решение задачи 1. Наноматериалы из углерода: 3 x 4

«Слова»: а) Речь идет о фуллерене. б) Лишнее слово – «Фуросемид». Это – лекарство. Остальные слова имеют отношение к фуллерену: в) Фуллерит – твердый фуллерен, кристалл, построенный из молекул фуллерена. Фуллериды – соединения, образующиеся при внедрении посторонних атомов или молекул (например, атомов металлов, органических молекул) в кристалл фуллерита. Некоторые фуллериды можно назвать солями фуллеренов. В этих солях фуллерены принимают на себя отрицательный заряд и становятся анионами. Фуллерол (или фуллеренол), продукт присоединения группы ОН к фуллеренам, фуллереновый спирт. Усеченный икосаэдр – геометрическое тело. Фуллерен C<sub>60</sub> имеет форму усеченного икосаэдра.

«Утверждения»: а) Речь идет о нанотрубках. б) Лишняя фраза - (3). Нанотрубки не растворяются в бензоле. Зато, верно утверждение (4) – нанотрубка ни в чем не растворяется без предварительной химической обработки. Нанотрубка может проводить электрический ток (1) или быть полупроводником (2). Электрические свойства нанотрубок определяет угол свертки, или хиральность.

«Картинки» а) Картинки имеют отношение к наноалмазу. б) Лишняя здесь – картинка (1), на которой изображен бриллиант, т.е. алмаз, обработанный ювелиром. Наноалмаз – это мелкий, черный порошок, который нельзя превратить в бриллиант. Бриллиант, вероятно, можно измельчить до нано размеров, но так никто не поступает. Наноалмазы получают иначе, из дешевого сырья, а настоящий алмаз – вещь дорогая. Итак, алмаз и наноалмаз – разные материалы! (в) Кастрюля, грифель автоматического карандаша, пломба для зуба (2-4) – изделия, в которые наноалмазы вводят для увеличения прочности. Для кастрюли (сковороды) – это антипригарное покрытие внутренней поверхности, а для пломб и грифелей – наполнитель, который добавляют к основному материалу. Все эти сведения можно найти в Интернете. Кастрюли и карандаши – первый пример использования наноалмазов в массовом производстве.

Юные эрудиты неплохо справились с задачей. 77% участников получили очки за свои решения. Один человек получил высший бал – 9. 18% решавших набрали 8 баллов, т.е. в своих ответах допустили только одну ошибку.

Несколько слов об ошибках, которые часто встречались.

1. Некоторые участники невнимательно прочли условие задачи. В условии сказано, что в вопросах речь идет только о трех наноматериалах: фуллерене, нанотрубках и наноалмазе. Поэтому ответы «графит», «графен» и т.п. не могут быть правильными ни в одном из заданий.
2. Несколько участников во втором задании посчитали правильным ответом «фуллерены», а не «нанотрубки», а «лишним» называли утверждение (4). Однако, сами фуллерены плохо проводят электрический ток, а, значит, утверждение (1) тоже, «лишнее». Не получается! Писали, что хорошими проводниками тока являются фуллерены с добавками металлов. Это – верно, но в условии задачи говорится о чистых фуллеренах. Словом, ответ «фуллерены» в задании (2) считался неправильным. Однако, если правильно назывались свойства фуллеренов, например, растворимость в бензоле, то за это давалось одно очко.

Самым трудным оказалось третье задание. Многие поняли, что речь идет о наноалмазе, но мало кто догадался, что «лишней» здесь будет картинка (1). Это вопрос – ловушка. Наноалмаз и крупный алмаз, бриллиант – разные материалы. Почему это так, вы можете прочесть выше, в «Решении». Тот, кто ответил правильно на все вопросы, но не угадал «лишнюю» картинку.



## Юный эрудит (заочный тур)

### Решение задачи 2. Самый легкий углерод

Аэрогель углерода

$d = m/V$ . Возьмем единичный кубик  $1 \text{ см}^3$ ,  $m = 0,04 \text{ г}$ .

Площадь всей поверхности этого материала с учетом пор =  $2600 \text{ м}^2/\text{г} = 2,6 \cdot 10^7 \text{ см}^2/\text{г}$ .

Отнесем ее к массе единичного кубика:  $2,6 \cdot 10^7 \cdot 0,04 = 1,04 \cdot 10^6$ .

Найдем площадь поверхности грани кубика ( $1 \text{ см}^2$ ) и всех граней ( $6 \text{ см}^2$ ).

Найдем отношение  $1,04 \cdot 10^6 / 6 = 1,73 \cdot 10^5$  или в 173 000 раз.



**Юный эрудит (заочный тур)**

**Решение задачи 3. Почему возникает окраска**

Номер объекта	Название	Номер причины окраски
А	Крыло бабочки	2
Б	Стекло золотой рубин	3
В	Урановое стекло	5
Г	Ткань, окрашенная органическим красителем	6
Д	Опал	1
Е	Раствор медного купороса	4



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 4. Пропорции**

1. Диаметр Земли –  $12700 \text{ км} = 1.27 \cdot 10^7 \text{ м} = 1.27 \cdot 10^{16} \text{ нм}$ .  
Пусть  $x \text{ нм}$  – диаметр **X**, тогда по условию

$$1.27 \cdot 10^{16} / x = x / 10,$$

откуда  $x = 3.56 \cdot 10^8 \text{ нм} = 35.6 \text{ см}$ . Это, например, диаметр хорошего арбуза.

**1.5 балла – расчет, 0.5 балла – пример X.**

2. Масса Земли –  $5.97 \cdot 10^{24} \text{ кг} = 5.97 \cdot 10^{27} \text{ г}$ .  
Пусть  $y \text{ г}$  – масса **Y**, тогда по условию

$$5.97 \cdot 10^{27} / y = y / 2.3 \cdot 10^{-19},$$

откуда  $y = 3.7 \cdot 10^4 \text{ г} = 37 \text{ кг}$ . Это – средняя масса школьника начальных классов.

**1.5 балла – расчет, 0.5 балла – пример Y.**



## Юный эрудит (заочный тур) Решение задачи 5. Площадь России

Проще всего – воспользоваться удельной поверхностью графена, которую можно найти в интернете:  $1300 \text{ м}^2/\text{г}$  (в сети встречается вдвое большее значение, но это – для двусторонней поверхности).

Площадь территории России:  $17.1 \cdot 10^6 \text{ км}^2 = 1.71 \cdot 10^{13} \text{ м}^2$

Масса графена, покрывающего территорию России:  $1.71 \cdot 10^{13} \text{ м}^2 / 1300 \text{ м}^2/\text{г} = 1.3 \cdot 10^{10} \text{ г} =$   
**13 000 т.**

Плотность графита:  $2.23 \text{ г}/\text{см}^3$ .

Объем графита:  $1.3 \cdot 10^{10} \text{ г} / 2.23 \text{ г}/\text{см}^3 = 5.8 \cdot 10^9 \text{ см}^3$ .

Сторона графитового куба:  $(5.8 \cdot 10^9 \text{ см}^3)^{1/3} = 1800 \text{ см} =$  **18 м.**



## Юный эрудит (заочный тур) Решение задачи 6. Электронный нос

Ответ: 1, 2 или 5, 3, 6, 10

- 1 Плата для сборки устройства, содержащего несколько микроэлектронных чипов. Использование нескольких микроэлектронных чипов в одном устройстве позволяет сделать его многофункциональным, и ваш электронный нос будет иметь более широкий рабочий диапазон концентраций или будет уметь определять присутствие нескольких различных газов одновременно.
- 2 Поверхность, модифицированная набором молекул-субстратов, избирательно связывающих некоторые из компонентов анализируемой пробы. Ковалентное связывание анализируемых молекул позволит увеличить чувствительность сенсора и предел обнаружения молекул газов. Такое модифицирование поверхности обычно увеличивает и селективность сенсора.
- 3 Микросита – мембраны с микронным или нанометровым размером пор, которые могут быть применены для повышения селективности сенсоров. В зависимости от диаметра пор и гидрофильности/гидрофобности их поверхности проницаемость микросита для газов будет различна.
- 5 Углеродная нанотрубка (УНТ) – кандидат на роль чувствительного элемента разрабатываемого газового сенсора – электронного носа. В то же время, на рисунке изображена одностенная УНТ, обладающая металлическим характером проводимости. Такой сенсор будет уступать по характеристикам полупроводниковым аналогам.
- 6 Компьютер с программным обеспечением необходим для регистрации и обработки сигнала, полученного с помощью созданного вами электронного носа.
- 10 Микроэлектронный чип, представляющий собой диэлектрическую подложку с подведенными металлическими контактами, позволяющими измерять электропроводность нанесенной сверху пленки 4х-контактным методом. Изменения электропроводности сенсора соответствуют процессу адсорбции газа на поверхности чипа.



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 7. Барьер для вирусов**

Длину барьера  $L$  находим из масштаба:  $440 \text{ нм} + 360 \text{ нм} = 800 \text{ нм}$ .

Для строительства потребуется:

$$m = \rho V = \rho Lhd = 10.5 \text{ г/см}^3 \cdot 800 \text{ нм} \cdot 10 \text{ нм} \cdot 10 \text{ нм} = 8 \cdot 10^{-16} \text{ г} = 8 \cdot 10^{-7} \text{ нг}$$

Ответ: хватит.



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 8. Таинственное число**

1. Найдем все переменные:

a = 6, порядковый номер углерода в таблице Менделеева

b = 12, атомная масса углерода

c = 14, атомная масса радиоуглерода

d = 20, количество атомов углерода в низшем из теоретически возможных фуллеренов (C<sub>20</sub>)

e = 12, количество пятиугольников C<sub>60</sub>

2. Подставим в уравнение:

$$12 - \frac{(20 - 6)^6 - 12^6}{1 - 12^6} = 11$$

Ответ: 11 – порядковый номер Олимпиады!



## Юный эрудит (заочный тур)

### Решение задачи 9. Жирные и полезные

1. Микровязкость мембраны (подвижность ж.к. цепей) поддерживается в оптимальном состоянии для обеспечения конформационной подвижности встроенных белковых молекул.
2. Ненасыщенных жирных кислот больше в составе мембран арктических рыб, это позволяет поддерживать определенную микровязкость мембран при низкой температуре.
3. Тюлень теплокровный, поэтому в его мембранах содержится больше насыщенных жирных кислот и меньше ненасыщенных.
4. б, термофильным бактериям — эти организмы живут при высокой температуре и для того, чтобы мембраны клеток не были слишком разупорядочены, их мембраны содержат такого типа липидные молекулы, пронизывающие оба монослоя и стабилизирующие мембрану.



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 10. Кто они?**

- А. Фридрих Мишер – швейцарский биолог, первооткрыватель ДНК.
- Б. Фрэнсис Крик – английский биофизик, Нобелевский лауреат, совместно с Джеймсом Уотсоном определивший структуру молекулы ДНК.
- В. Розалинд Франклин – английский биофизик, которая работала над расшифровкой структуры ДНК с помощью рентгеноструктурного анализа и способствовала открытию Уотсона и Крика.
- Г. Вальтер Флемминг – немецкий биолог, первооткрыватель хромосом.

Все эти ученые изучали ДНК.



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 11. Странное соседство**

- 1б. Лапки геккона прилипают к поверхности за счет сил Ван-дер-Ваальса.
- 2д. Эффект лотоса — за счет наноструктур поверхность становится несмачиваемой.
- 3а. За счет интерференции света, отраженного от структур на чешуйках крыльев бабочек, они приобретают цвет, не связанный с наличием пигментов.
- 4в. Представлена организация белка в составе паутины — фрагменты неупорядоченной структуры чередуются с нерастяжимыми участками бета-слоев.
- 5г. Белок синтезируется на рибосоме.



## Юный эрудит (заочный тур)

### Решение задачи 12. Закон Мура и нанотехнологии

1. Минимальный размер транзистора, попадающего под определение нанотехнологий,

–  $1 \text{ нм}^2$ . Тогда максимальное число транзисторов составляет  $\frac{(1,5 \cdot 10^{-2})^2}{1 \cdot 10^{-18}} = 2,25 \cdot 10^{14}$ ,  
что в  $\frac{2,25 \cdot 10^{14}}{1,125 \cdot 10^9} = 2 \cdot 10^5$  раз больше текущего.

2. Для того, чтобы узнать, сколько раз можно удвоить число транзисторов, чтобы их число увеличилось не более чем в 200 000 раз, нужно 200 000 делить на 2 до тех пор, пока остаток от деления будет больше единицы. Но можно упростить задачу: поскольку три последние цифры этого числа – нули, то оно делится на 8 (т.е. три раза на 2):  $200\,000/8 = 25\,000$ , получившееся число тоже делится на 8:  $25\,000/8 = 3\,125$ . Продолжим делить на 8, пока целое от деления будет больше единицы:  $3\,125/8/8/8 \approx 6,1$ . Последнее число можно еще 2 раза разделить на 2:  $6,1/2/2 = 1,525$ . Итого, мы поделили исходное число на 2 всего  $3+3+3+3+2 = 17$  раз (в 18-й раз удвоить число транзисторов уже не получится – транзисторы станут меньше 1 нм). Таким образом, пройдет больше  $17 \cdot 2 = 34$  лет, но меньше  $18 \cdot 2 = 36$  лет.

Или, если знать логарифмы:

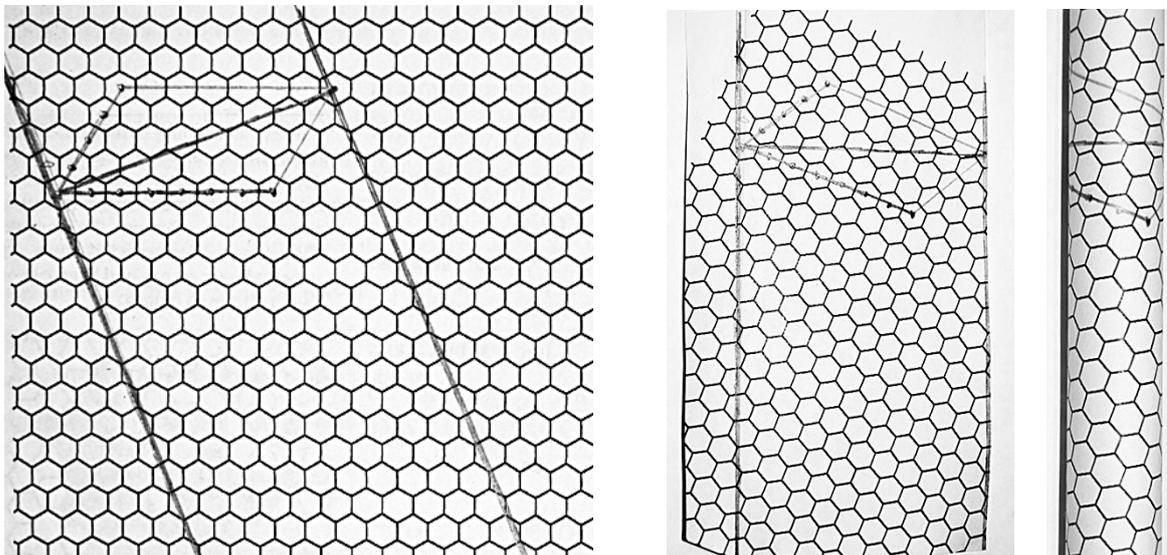
$$2^n = 2 \cdot 10^5, \quad n = \log_2(2 \cdot 10^5) \approx 17,6.$$

То есть, закон Мура перестанет действовать через  $17,6 \cdot 2 = 35,2$  года.



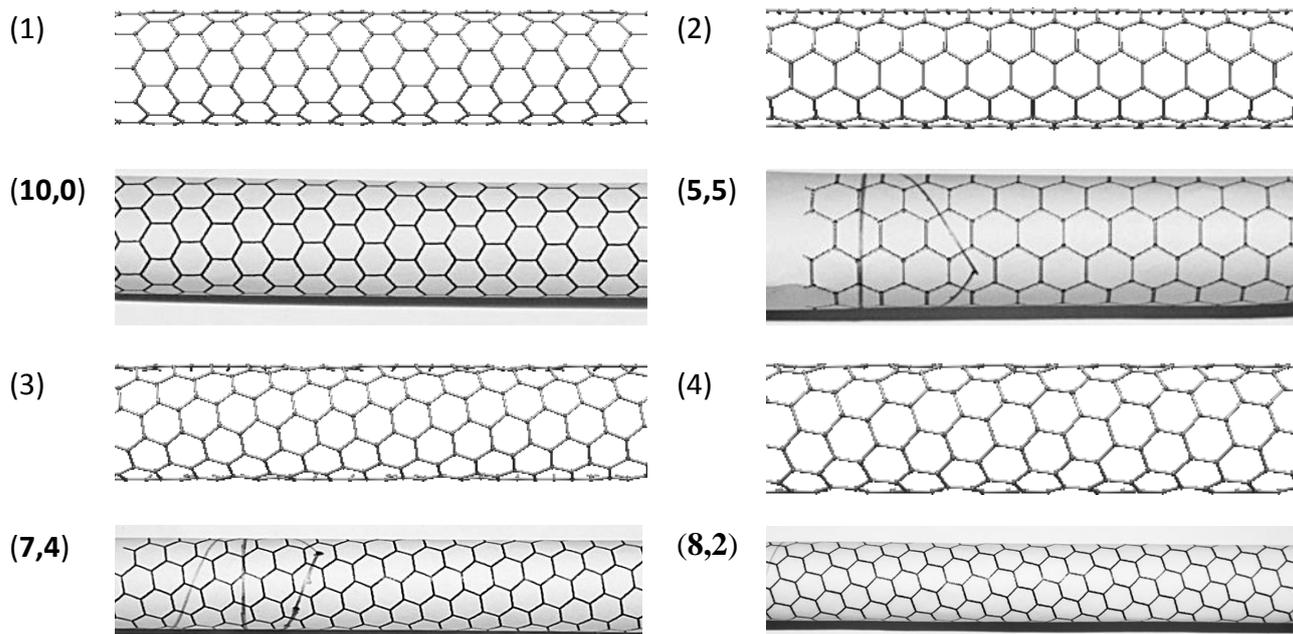
**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 13. Модели нанотрубок своими руками**

1. Построение нанотрубок на примере (7,4).



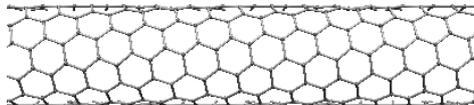
На распечатке листа с сеткой шестиугольников произвольно выбираем шестиугольник, строим координатные оси  $n$  и  $m$  и откладываем на них выбранные индексы хиральности. Затем вырезаем заготовку трубки и, сворачивая ее, совмещаем края (слева желательно оставить «запас», чтобы можно было склеить края трубки клеем по линии). Получившиеся трубки сравниваем с приведенными в условии картинками.

Ниже приведены картинки моделей из условия и фотографии склеенных из листа нанотрубок, очевидно, они однозначно сопоставляются:

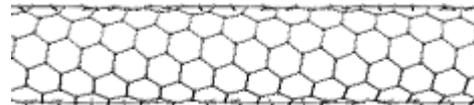


2. УНТ (10,0) и (0,10) – одинаковы (можно свернуть две трубки и убедиться, в том, что они идентичны, поскольку отрезок ОХ для первой трубки совпадает с таковым для второй). УНТ (n,m) и (m,n) при  $n \neq m$  и  $n \neq 0$  являются зеркальными отражениями друг друга как правая и левая рука.

(7,4)



(4,7)



Стоит отметить, графеновый лист можно свернуть двумя способами (наружу и вовнутрь, получая при этом зеркальные отражения трубок), однако выкройка нанотрубки на распечатанном листе сворачивается однозначно.



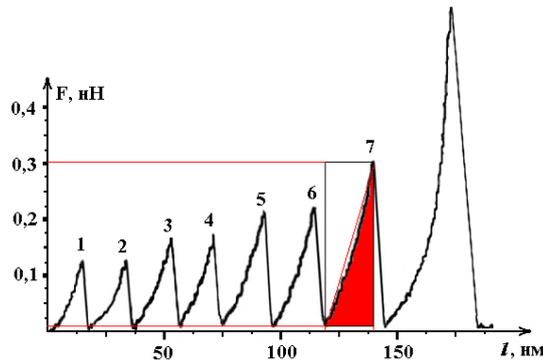
## Юный эрудит (заочный тур)

### Решение задачи 14. Перекладывание атомов кластера

- а. 2016 – четное число, и при делении его на 2 тоже получается четное. Поделив его 5 раз на 2, получаем  $63 = 9 \cdot 7 = 3^2 \cdot 7$ , т.е.  $2016 = 2^5 \cdot 3^2 \cdot 7$ . Ближайшим кубом натурального числа будет  $2^6 \cdot 3^3 \cdot 7^3 = 84^3 = 592\,704$ .
- б. 2017 – простое число (не раскладывается на множители), поэтому  $2017^3 = 8\,205\,738\,913$ .



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 15. Число связей**



1) Переведем среднюю энергию связи в систему СИ ( $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ):

$$0,1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-20} \text{ Дж.}$$

2) Работа постоянной силы равна произведению силы на удлинение ( $A = F\Delta l$ ).  
 Для оценки работы будем считать, что сила меняется линейно от нуля до  $F_{\max}$ .

3) Средняя сила составляет  $0,5F_{\max}$ , тогда работа  $0,5F_{\max}\Delta l_{\max}$  (работа силы  $F_{\max}$  на  $\Delta l_{\max}$  будет равна площади прямоугольника со сторонами  $F_{\max}$  и  $\Delta l_{\max}$ , в нашем случае мы приближаем кривую  $F(l)$  прямой, являющейся диагональю этого прямоугольника).

4) Тогда число разрываемых водородных связей составляет

$$n = \frac{A}{E_0} = \frac{0,5F_{\max}\Delta l_{\max}}{E_0}.$$

По графику определяем, что  $F_{\max} \approx 0,29 \text{ нН}$ ,  $\Delta l_{\max} \approx 21 \text{ нм}$ , переводя все величины в систему СИ, находим:

$$n = \frac{0,5 \cdot 0,29 \cdot 10^{-9} \cdot 21 \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-20}} = \frac{3,05 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-20}} \approx \underline{\underline{190}} \text{ водородных связей.}$$



**Юный эрудит (заочный тур)**  
**Решение задачи 16. Кроссворд**

**По горизонтали**

- 3. **Мениск** – искривление поверхности жидкости, например, возле стенки тонкого капилляра.
- 6. **Рибосома** – бionано-10в (*машина*) (рис. 6г).
- 9. **Дендример** – молекула-дерево.
- 11. **Трубка** – пример псевдо-одномерной (1D) наноструктуры (рис. 11г).
- 12. **Гинзбург** – российский ученый, рис. 12г (получил Нобелевскую премию по физике за вклад в теорию рис. 18г (сверх-проводников)).
- 13. **Графен** – псевдо-двумерная (2D) форма углерода (рис. 13г).
- 14. **Нано** – приставка, образованная от греческого названия персонажа (рис. 14г).
- 18. **Сверх-проводник** (рис. 18г).
- 19. **Мета-материал** (рис. 19г и 15в).
- 20. **Катенан** – рис. 20г, одна из возможных деталей для создания нано-10в (*машин*).
- 21. **Вирус** – может заразить и человека, и компьютер.

**По вертикали**

- 1. **Фуллерен** – углеродный шарик (рис. 1в).
- 2. **Белок** – получается в результате работы 6г (*рибосомы*) (рис. 2в).
- 4. **Икосаэдр** – его форму могут иметь и 21г (*вирусы*), и 1в (*фуллерены*) и 5в (*кластеры*).

**5. Кластер** – группа атомов (рис. **5в**).

**7. Феринга** – лауреат Нобелевской премии по химии 2016 года (рис. **7в**), создал первый искусственный молекулярный **17в** (*мотор*).

**8. Суспензия** – взвесь наночастиц в воде.

**10. Молекулярная машина** (рис. **10в**). За дизайн и синтез вручена Нобелевская премия по химии 2016 года.

**12. Ген** – в нем содержится программа сборки **2в** (*белка*).

**15. Опал** – природный минерал, пример трехмерной (3D) наноструктуры (рис. **15в**).

**16. Квантовая точка** (рис. **16в**).

**17. Природный нано-мотор** (рис. **17в**).

Из букв, помеченных голубым цветом, составьте слово: **о, л, и, м, п, и, а, д, а**