



Юный эрудит (заочный тур)

Решение задачи 1. Загадки про квазичастицы

1. Полярон
2. Фонон
3. Плазмон
4. Экситон
5. Магнон



**Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 2. Акроним**

- (1) – нанонить
- (2) – активный центр
- (3) – натрий
- (4) – оксид кобальта
- (5) – графен
- (6) – рутений
- (7) – анод
- (8) – диффузия

(по 1 баллу за слово)

Летняя школа – НАНОГРАД *(2 балла)*



Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 3. Фиолетовые растворы

Один из вариантов – изменить pH раствора. Индигокармин – кислотно-основный индикатор, его окраска будет изменяться. Окраска раствора фуллерена не изменится.



Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 4. Нанокластер 2021

Число атомов в перечисленных видах кластеров можно записать как:

- а) куб $N = a^3$,
- б) квадрат $N = a^2$,
- в) прямоугольник $N = a \cdot b$,
- г) прямоугольный параллелепипед $N = a \cdot b \cdot c$,

где a , b и c – целые числа.

Чтобы понять, какие из этих кластеров могут содержать 2021 атом, необходимо найти, на какие множители раскладывается число 2021.

$$2021 = 43 \cdot 47.$$

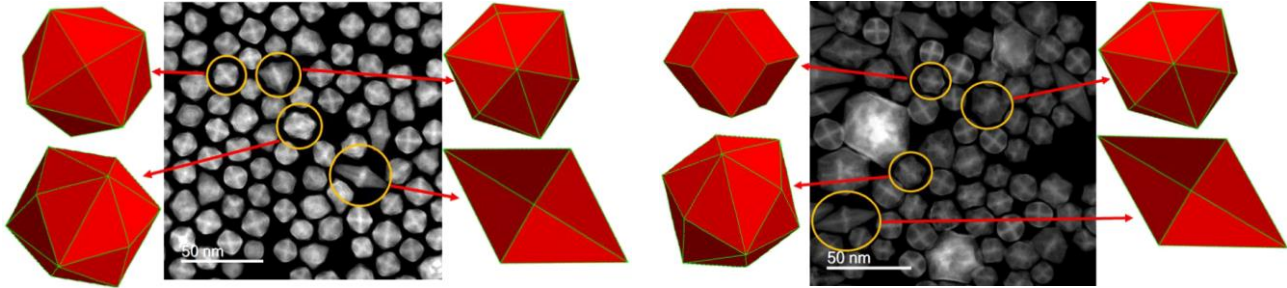
Данный результат можно получить, например, воспользовавшись таблицей разложения чисел на множители. Или обратить внимание, что число оканчивается на единицу, но не делится без остатка ни на 3, ни на 7, и проверить делится ли 2021 на 13, 17, 23, 37, 43, 47, 53 без остатка (27 и 33 отбрасываем, поскольку они делятся на 3).

То есть, нанокластер, содержащий 2021 атом металла, может иметь только форму прямоугольника.



Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 5. Смесь геометрических форм

Наночастица	1	2	3	4	5	6	7	8
Многогранник	III	III	III	I	II	III	III	I





Юный эрудит (заочный тур)

Решение задачи 6. Медицинская маска и вирус

1. Размер частиц SARS-CoV-2 лежит в диапазоне от 60 до 140 нм.
2. Максимальные «зазоры» между волокнами (следовательно, минимальные размеры эффективно задерживаемых частиц) по микрофотографии составляют примерно 10 мкм.
3. Размер частиц коронавируса примерно в 100 раз меньше, чем способна эффективно задерживать маска. Поэтому, задержать индивидуальную частицу коронавируса маска, конечно, не способна. Но вирусы респираторных инфекций распространяются не сами по себе, а в капельках жидкости, которую выделяет больной при кашле, чихании, при дыхании и разговоре. Активные вирусы находятся внутри капель размером от примерно 1 до 200 микрометров. Большая часть капель аэрозоля крупные (при сухом кашле ~15 мкм), поэтому медицинская маска способна их задерживать, более того, в многослойной маске даже часть более мелких капель «прилипает» и задерживается на волокнах маски.



Юный эрудит (заочный тур)

Решение задачи 7. Кто такие Фиксики – большой, большой секрет...

При уменьшении геометрических размеров тела живого существа его масса уменьшается пропорционально длине тела в третьей степени, а площадь поперечного сечения мускул — пропорционально квадрату длины тела. То есть, если уменьшить человека в 100 раз, то его сила уменьшится только в 10 раз. Фиксики меньше человека приблизительно в 100-1000 раз, поэтому могут поднимать тяжелые объекты. Не является наноприспособлением.

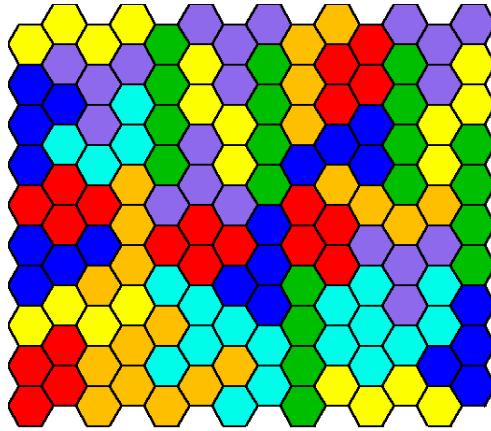
Наноприспособления:

1. Если предположить, что внутри фиксиков существуют магнитосомы, то, возможно, они реагируют на электроприбор, от которого происходила зарядка фиксика.
2. Волосы у фиксиков – скорее часть тела, чем волосы в привычном понимании, поэтому возможность светиться (отражать свет) обусловлена строением этой части головы тела – могут присутствовать специальным образом уложенные чешуйки по аналогии с крылом бабочки).
3. Каждый фиксик имеет свой собственный цвет, что может быть связано со структурой, которой покрыта кожа – она может иметь поры определённых определенных размеров, которые отражают только определенные лучи света (по аналогии с перьями птиц).
4. Фиксики не способны извлекать энергию из обычной человеческой еды. Также они устойчивы к электричеству. Также они способны превращаться в гайки, винтики и т.д. Из этого можно сделать вывод, что физиология фиксиков отлична от живых существ. Также, возможно, что фиксики большей частью состоят из металла, а именно, из таких металлов как золото, серебро, платина, медь – это металлы с высокой проводимостью, обладающие способностью менять цвет в зависимости от размеров наноструктур.

Принимаются и иные ответы, имеющие разумное обоснование.

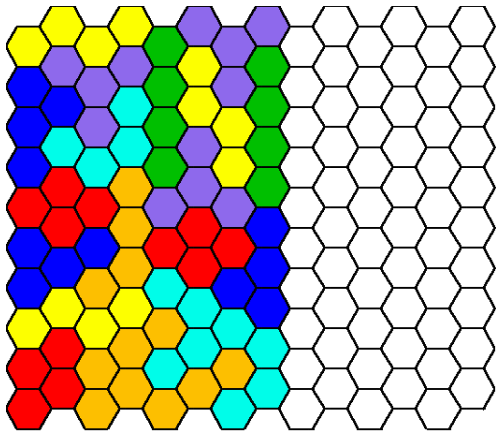


Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 8. Раскраска графена

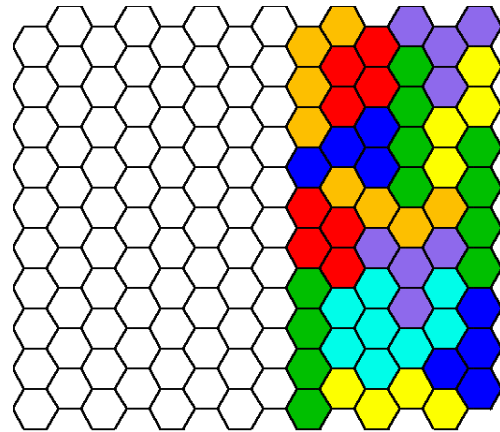


Один из способов решения задачи.

Предложенный вариант раскраски можно разделить (не разбивая фигур одного цвета) на два независимых блока (см. рис.). Меняя эти блоки местами, а также заменяя один или оба блока на результат его поворота на 180°, можно получить и другие варианты решения.



*Блок 1, составленный из 8-ми вертикальных
полос шестиугольников.*



*Блок 2, составленный из 6-ти
вертикальных полос шестиугольников.*

В качестве правильного решения принимались также и другие способы раскраски, удовлетворяющие условию.



Юный эрудит (заочный тур)

Решение задачи 9. Разноцветная ботаника

1. Свеча будет дольше гореть под левым колпаком (с зеленым растением), так как его листья содержат больше хлоропластов, которые в процессе фотосинтеза производят кислород, который необходим для горения.
2. Первая молекула – это хлорофилл, вторая – гемоглобин. Молекулы хлорофилла придают растениям зеленый цвет потому, что они поглощают свет в синей и красной областях спектра, а зеленый свет отражают. Гемоглобин, напротив, поглощает свет в синей и зеленой областях спектра и отражает красный, в результате чего он придает крови красный цвет.
3. Кроме хлорофилла, в листьях и цветах присутствуют такие пигменты, как каротиноиды и антоцианы, каротиноиды отвечают за окраску листьев в желтый цвет, а антоцианы в красный. Если увеличить или уменьшить освещенность комнатных растений, то можно изменять соотношение пигментов в листьях. Так, в условиях слабой освещенности листья становятся темно-зелеными и увеличиваются в размерах, если освещение избыточно, то листья становятся более светлыми (желтовато-зелеными) и уменьшаются в размерах.
4. Красная и желтая окраска листьев осенью связана с наличием в растениях антоцианов и каротиноидов, они всегда присутствуют в растении в примерно одинаковом количестве, но когда осенью листья теряют хлорофилл, то их становится видно. Антоцианы, помимо других своих функций, помогают защищаться растению от насекомых. Так, например, тли предпочитают растения с желтыми листьями, так как растения с красными листьями могут вырабатывать ядовитые для них вещества. Предполагается, что в ледниковый период предки европейских растений “спасались” в области Средиземноморья, за Альпами, и по каким-то причинам сокососущие вредители там отсутствовали. А те растения, предки которых выжили во время ледникового периода на Дальнем Востоке и Америке, страдали от сокососущих насекомых, и там выжили растения с большим количеством антоцианов в листьях.

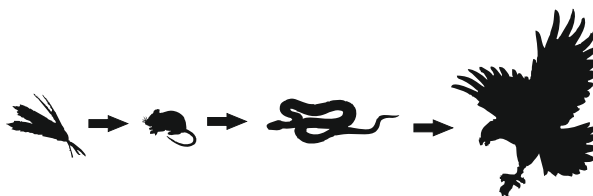


Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 10. Пищевая цепь

Трансформация энергии протекает в соответствии с правилом Линдемана.

Пищевая цепь выглядит так:

Консумент 3-го порядка	орлы
Консумент 2-го порядка	змеи
Консумент 1-го порядка	мыши
продуценты	злаки



Рассчитаем количество энергии, необходимое для годового прироста биомассы орла:
 $20 \text{ кг/год} \times 200 \text{ кДж} = 4\,000 \text{ кДж}$.

У нас цепочка из четырех звеньев. Согласно правилу Линдемана, если на 4-м уровне необходимо $4\,000 \text{ кДж}$, то на 3-м энергия будет составлять $4\,000 \text{ кДж} \times 10 = 4 \times 10^4 \text{ кДж}$. Соответственно, на 1-м уровне величина энергии будет составлять $4 \times 10^6 \text{ кДж}$.

Согласно условию, в 1 кг растений содержится 100 кДж энергии. Значит, $4 \times 10^6 \text{ кДж}$ заключено в $4 \times 10^6 / 100 = 4 \times 10^4 \text{ кг}$, или 40 т .

Ответ. 40 тонн.



Юный эрудит (заочный тур)

Решение задачи 11. Удивительные митохондрии

1. Накопление и хранение избыточного цитоплазматического Ca^{2+} , образование активных форм кислорода, бета-окисление жирных кислот, инициация апоптоза (цитохром С-зависимого) и др.
2. В области расположения митохондрий увеличивается локальная концентрация АТФ, происходит синтез белков, в том числе и тех, которые необходимы для формирования отростков.
3. В большинстве клеток максимальное количество митохондрий наблюдается вокруг ядра, что можно объяснить высокой потребностью ядра в АТФ, необходимого для транскрипции генов и репарации поврежденных участков ДНК. В нейронах скопление митохондрий наблюдается в синапсах – для обеспечения синаптической передачи.
4. Заболевания, связанные с мутациями в генах митохондриальных белках. Например, синдром Барта, синдром Пирсона и др. Заболевания, связанные с нарушением метаболизма, например, кардиомиопатия, осложнения сахарного диабета и пр.
5. Одно из возможных объяснений – это повышенная генерация супероксид-анион радикала O_2^- , образование из него других активных форм кислорода и развитие окислительного стресса.
6. Методы исследования функций митохондрий: респираторометрия – регистрация поглощения O_2 , флуоресцентная микроскопия, спектроскопия комбинационного и гигантского комбинационного рассеяния, дифференциальная абсорбционная спектроскопия. Методы исследования морфологии митохондрий: просвечивающая электронная микроскопия, криоэлектронная микроскопия, флуоресцентная микроскопия и др.



Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 12. Клубок наноцеллюлозы

Рассчитаем площадь боковой поверхности цилиндрической клетки:

$$S_{\text{кл}} = 2\pi RH = 2\pi \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 8,8 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2.$$

Тогда площадь, которую может покрыть вырабатываемая целлюлоза за сутки, равна

$$S = 0,2 \cdot S_{\text{кл}} = 0,2 \cdot 8,8 \cdot 10^{-10} = 1,76 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2.$$

Это отвечает суммарной длине всех синтезированных микрофибрилл, равной

$$L = S/d = 1,76 \cdot 10^{-10} / 4 \cdot 10^{-9} = 0,044 \text{ м}.$$

Тогда одна нанофабрика за сутки производит микрофибриллу длиной

$$L_1 = L/100 = 0,044/100 = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

$$t = 1 \text{ сут} = 24 \text{ ч} = 1440 \text{ мин} = 86400 \text{ с}$$

Что отвечает производству со скоростью

$$v = L_1/t = 4,4 \cdot 10^{-4} / 86400 = 5,1 \cdot 10^{-9} \text{ м/с} = 5,1 \text{ нм/с}.$$



Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 13. Все дело в кубе

Исходя из условия и учитывая, как зависит число атомов в кластере от его формы и от числа атомов, приходящихся на его ребро, запишем уравнение:

$$\text{Куб}(x) = \text{Октаэдр}(x) + \text{Треугольник}(x) + \text{Куб}(2x/3)$$

$$x^3 = (2x^3 + x)/3 + x(x + 1)/2 + (2x/3)^3$$

Упрощая его, получаем:

$$x^3/27 - x^2/2 - 5x/6 = 0$$

$$2x^3 - 27x^2 - 45x = 0$$

Таким образом, все сводится к решению квадратного уравнения

$$2x^2 - 27x - 45 = 0$$

$$D = 729 + 360 = 1089 = 33^2$$

$$x = (27 + 33)/4 = 15$$

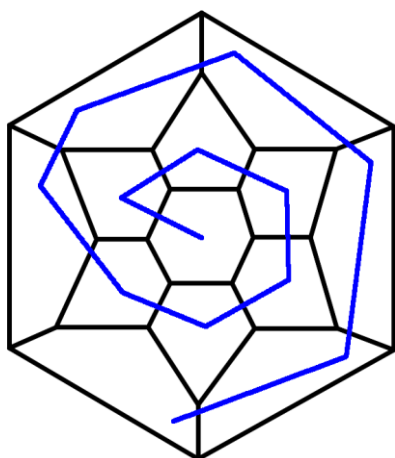
15 – порядковый номер текущей Всероссийской интернет-олимпиады по нанотехнологиям.



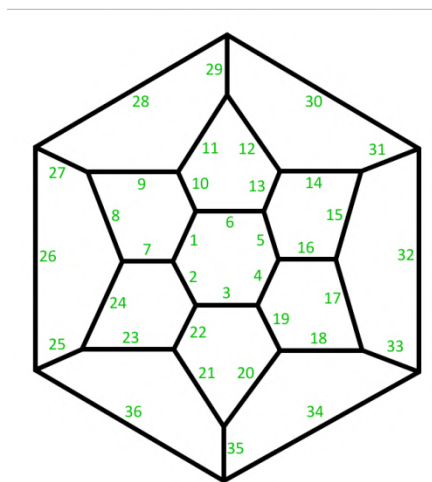
Юный эрудит (заочный тур)

Решение задачи 14. Как построить модель фуллерена своими руками

1.



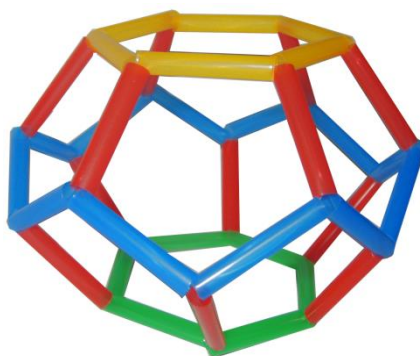
а) Пример последовательности сборки граней модели фуллерена C_{24} . Последняя, шестиугольная, грань получается автоматически.



б) Последовательность сборки трубочек-ребер модели фуллерена C_{24} . Через все трубочки, кроме 26, 28, 30, 32, 34 и 36 леска проходит дважды.

2. Фуллерен C_{24} имеет 36 ребер. Минимум 30 из них при построении модели по алгоритму, представленному в п. 1б), необходимо пройти дважды. Следовательно, минимальная длина лески

$$(36 + 30) \cdot 3 = 66 \cdot 3 = 198 \text{ см}$$



в) Готовая модель фуллерена C_{24} .

3. Готовая модель фуллерена C_{24} представлена на рис. в). Длина использованной лески – 260 см, по окончании сборки модели, концы лески заправлены в трубочки.



Юный эрудит (заочный тур)
Решение задачи 15. Нанокроссворд

По горизонтали

- 5г. Карантин – всеобщие ограничения как способ обуздать 18г (пандемию).
- 7г. Капсид – «наноконверт», который может использоваться 20в (вирусом) для хранения своей 12г (РНК).
- 10г. Гепатит – поражающий печень 20в (вирус).
- 12г. РНК – рис. 12г.
- 16г. Ножницы – роль Cas9 в CRISPR-Cas9.
- 18г. Пандемия – когда болеет весь мир.
- 19г. Иммунитет – защищает как человека, так и 4в (бактерию).
- 21г. Вакцина – способ выработать 19г (иммунитет) против 20в (вируса).
- 22г. Белок – 5в (антитело) по своей природе.
- 23г. Палиндром – рис. 23г, одна из ключевых структурных особенностей системы CRISPR.
- 24г. Спейсер – находится между 23г (палиндромами) в CRISPR, «нацеливает» 16г (ножницы) на 20в (вирус).

По вертикали

- 1в.** Вектор – способ редактирования генома до CRISPR-Cas9, искусственная **11в** (плазмида).
- 2в.** Штамм – набор генетически идентичных **20в** (вирусов) или **4в** (бактерий).
- 3в.** Алтер – **рис. 3в**, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине 2020 года за открытие одного из видов возбудителя **10г** (гепатита).
- 4в.** Бактерия – **рис. 4в**.
- 6в.** Фаг – **рис. 6в: 20в** (вирус), поражающий **4в** (бактерию).
- 8в.** Дрекслер – **рис. 8в**, автор фантастического сценария конца света в результате неуправляемого самовоспроизводства **13в** (наномашин).
- 9в.** Рецептор – клеточная «наноантенна» для улавливания внешних сигналов, может быть использована для проникновения в клетку **20в** (вирусом).
- 11в.** Плазмида – «кольцевой ген».
- 13в.** Наномашина – робот с размерами от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-7}$.
- 14в.** Корона – «головной убор» одного из **20в** (вирусов, **рис. 20в**).
- 15в.** Антитело – **рис. 15в**.
- 17в.** Дудна – **рис. 17в**, лауреат Нобелевской премии по химии 2020 года за открытие «генетических **16г** (ножниц) CRISPR-Cas9».
- 20в.** Вирус – **рис. 20в**.