

## Отборочный (заочный) тур

### Юный эрудит

#### Задача 1. Как Энрико Ферми...

Когда знаменитый итальянский физик Энрико Ферми учился во втором классе, ему задали написать сочинение на тему: «Что делают из железа?». Мальчик по дороге в школу каждый день проходил мимо мастерской, где висела вывеска: «Здесь делают железные кровати». Поэтому он написал сочинение, состоящее из одной фразой:

**«Из железа делают некоторые кровати».**

Ферми выразился коротко и ясно. Он знал, что не все кровати делаются из железа! Учительница сначала поставила маленькому Энрико оценку «уно» (единица), но, потом прочла сочинение еще раз, посоветовалась с директором школы и переправила «уно» на «дъечи» (десять, лучшая оценка в итальянской школе).

Давайте, и мы постараемся быть лаконичными и точными, как Ферми.

1) Напишите, сочинение на тему: «Что можно сделать из углеродных нанотрубок?», ( Как Ферми, постарайтесь использовать как можно меньше слов и описать как можно больше применений).

2) Вставьте пропущенные слова

а) Некоторые врачи- \_\_\_\_\_ предлагают использовать наноалмазы для пломбирования \_\_\_\_\_

б) Наноалмазами покрывают некоторые обыкновенные \_\_\_\_\_ для \_\_\_\_\_ мяса.

с) Некоторые нанокластеры из золота или серебра являются \_\_\_\_\_.

д) Некоторые фуллерены добавляют в косметические препараты в качестве \_\_\_\_\_.

е) Внутри некоторых \_\_\_\_\_ можно поместить атомы редкоземельных металлов.

3) В чем разница между:

графеном и графаном, фуллереном и фуллеритом, нанометром и микросантиметром, агрегатом и агломератом? (Одна фраза на каждый ответ!).

#### Решение:

1) Из углеродных нанотрубок можно сделать некоторые: компоненты композиционных материалов (детали сенсоров, детали дисплеев, жаропрочные ткани, проводящие пленки, тросы космических лифтов – все это композиционные материалы) детали электронных приборов (это – отдельные трубки, полупроводниковые и проводящие), контейнеры для хранения активных молекул.

2)

а) Некоторые врачи- дантисты предлагают использовать наноалмазы для пломбирования зубов.

- b) Наноалмазами покрывают некоторые обыкновенные сковородки для жарки мяса.
  - c) Некоторые нанокластеры из золота или серебра являются катализаторами.
  - d) Некоторые фуллерены добавляют в косметические препараты в качестве антиоксидантами.
  - e) Внутри некоторых фуллеренов можно поместить атомы редкоземельных металлов.
- 3) Графан – это соединение графена с водородом, Фуллерит – кристалл, состоящий из молекул фуллерена; Нанометр – это одна десятая микросантиметра, Агрегат – это агломерат, в котором частицы слабо связаны между собой.

### ***Задача 2. Уникальный материал***

Этот уникальный материал содержит в своем составе более 95% воздуха, но является твердым. Он выдерживает на себе тело массой, в две тысячи раз превышающую свою. Из него планируют изготавливать скафандры. Назовите этот материал. Что произойдет, если скафандр целиком изготовленный из этого материала, нагреть до 2000°C и охладить? Какие вещества, встречающиеся в природе надо взять, чтобы полученная смесь содержала бы такие же атомы и в таком же количестве, как образец этого материала?

#### **Решение:**

Аэрогель, надо взять кварцевый песок и воздух. Образуется кварцевое стекло.

### ***Задача 3. Нанотехнологии в спорте***

Одна из важных областей деятельности человека – спорт. Нанотехнологии нашли широкое применение в производстве спортивного инвентаря, хотя и не привели к массовому крушению рекордов.

Ниже перечислены 5 видов спортивного инвентаря. Для каждого из них найдите информацию о том, а) какие наночастицы или наноматериалы используются для производства; б) какие свойства придают изделию эти частицы.

- 1) Ракетки для большого тенниса
- 2) Теннисные мячи
- 3) Ключки для гольфа
- 4) Смазка для лыж
- 5) Удочки

#### **Решение:**

1. В теннисных ракетках используют композитные материалы, содержащие углеродные нанотрубки. Они увеличивают прочность изделия, при этом делают его более легким.
2. Мячи покрывают наносиликатным покрытием («наноглина»), которое затрудняет диффузию газов через него и увеличивает срок жизни мячей.

3. Аналогично п. 1.

4. Для уменьшения трения к лыжной смазке добавляют наночастицы дисульфидов молибдена или вольфрама  $\text{MoS}_2$  и  $\text{WS}_2$ .

5. Аналогично п. 1.

#### **Задача 4. Бумага-суперконденсатор**



Шведские учёные изобрели новый материал, похожий на бумагу, который они использовали как гибкий конденсатор. В состав супербумаги входят наноцеллюлоза (отсюда и название материала) и проводящий полимер по обеим сторонам листа. Толщина листа супербумаги,  $d$ , оказалась равной 200 мкм. Авторы сообщают, что кружок бумаги диаметром 15 см имеет ёмкость  $C = 1\text{Ф}$ . Найдите диэлектрическую проницаемость супербумаги.

**Решение:**

По формуле плоского конденсатора:

$$\epsilon = \frac{C d}{S \epsilon_0} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{\pi (0.15/2)^2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 1.3 \cdot 10^9 \quad (1)$$

где  $S$  — площадь листа.

#### **Задача 5. Плавающие золотые нанокубики**

Для наночастиц отношение числа поверхностных атомов к их общему числу приближается к единице с уменьшением размера частицы. В таблице приведены соответствующие данные для золотых нанокубиков. Оцените минимальный размер золотого нанокубика, обладающего положительной плавучестью в ртути за счет удаления всех его внутренних атомов. Считайте, что форма нанокубика при этом не изменяется. Плотность золота  $19.3\text{ г/см}^3$ , ртути –  $13.6\text{ г/см}^3$ .

Сторона куба, нм	Доля поверхностных атомов от общего числа атомов
10	0.172
4.9	0.346
2.88	0.488
2.02	0.636
1.73	0.704
1.44	0.784
1.15	0.875
0.86	0.963

Оценка за задачу – 5 баллов

**Решение:**

Для обладания положительной плавучестью вещество должно иметь плотность меньшую, чем плотность жидкости, в которую оно погружено. Плотность золота изначально больше, чем плотность ртути, следовательно, золотые нанокубики будут тонуть в ртути. Однако после удаления внутренних атомов плотность нанокубиков пропорционально уменьшится, т.к. их объем при этом останется постоянным. Для выравнивания плотностей (нулевая плавучесть) необходимо уменьшить плотность золота в процентном соотношении на:

$$100 \% \cdot (19.3-13.6)/19.3 \approx 29.5 \%$$

Следовательно, для создания положительной плавучести у нанокубика необходимо, чтобы относительное число удаленных внутренних атомов превышало это значение. Долю внутренних атомов можно найти из таблицы вычитанием из единицы известных долей поверхностных атомов: наиболее близкое значение получаем для нанокубиков с размером 1.73 нм:  $100 \% \cdot (1-0.704) = 29.6 \%$ .

Следовательно, начиная с этого минимального размера плотность нанокубиков золота после удаления всех внутренних атомов будет меньше плотности ртути, что соответствует положительной плавучести в ней.

**Задача 6. Наногубка**



В Австралии учёные предложили новый материал для адсорбции нефти, разлитой в результате аварий и катастроф. Он представляет из себя «колоски» или «венички» (см. рисунок) из нитрида бора (BN). Такая структура имеет огромную площадь поверхности: один грамм «колосков» имеет площадь больше, чем у пяти теннисных кортов. Авторы

сообщают о том, что лист нитрида бора может адсорбировать нефти в 33 раза больше собственного веса. Рассчитайте пористость полученного материала (отношение объема пор к общему объему). Плотность нефти,  $\rho_{oil}$ , примите равной 0,85 кг/л, плотность нитрида бора найдите самостоятельно.

**Решение:**

Очевидно, что 1/34 по массе часть образца, адсорбировавшего нефть, будет состоять из нитрида бора с плотностью  $\rho_{BN}$ , 2,18 кг/л и 33/34 – из нефти. Теперь посчитаем пористость,  $p$ , выразив её через объемы нефти  $V_{oil}$  и нитрида бора  $V_{BN}$ .

$$p = \frac{V_{oil}}{V_{oil} + V_{BN}} = \frac{33/(34\rho_{oil})}{33/(34\rho_{oil}) + 1/(34\rho_{BN})} = \frac{1.14}{1.14 + 0.0135} = 98.8\% \quad (1)$$

**Задача 7. Гипертермия**

Известно, что повышение температуры тела (гипертермия) человека на 1-2°C является защитной функцией организма, состоящее к оказанию противодействия чужеродным микроорганизмам. Дальнейшее повышение температуры может привести к нежелательным последствиям для организма человека.

Для термодинамической терапии готовят водную суспензию серебряных наночастиц. Какой максимальной концентрации (в г/л) может быть раствор, чтобы нагретые на 5°C наночастицы не привели к нагреву воды более чем на 0,1°C? Необходимые для решения справочные данные найдите самостоятельно.

**Решение:**

Из уравнения теплового баланса:

$$c_{серебра} m_{серебра} \Delta T_{серебра} = c_{воды} m_{воды} \Delta T_{воды}$$

Суммарный объем складывается из объема воды и объема, занимаемого наночастицами:

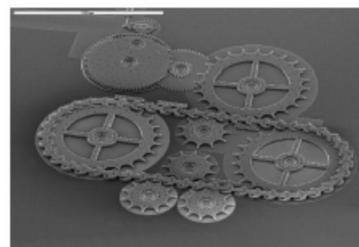
$$\frac{m_{серебра}}{\rho_{серебра}} + \frac{m_{воды}}{\rho_{воды}} = V$$

$$\frac{m_{серебра}}{V} = \frac{\rho_{серебра} c_{воды} \rho_{воды} \Delta T_{воды}}{c_{воды} \rho_{воды} \Delta T_{воды} + c_{серебра} \rho_{серебра} \Delta T_{серебра}} = \frac{10^4 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 0,1 + 0,24 \cdot 10^3 \cdot 10^4 \cdot 5} \approx 340 \text{ кг/м}^3$$

$$340 \text{ кг/м}^3 = 340 \text{ г/л}$$

**Задача 8. МЭМС шестерни**

На сегодняшний день электроника достигла нано размеров, а миниатюризация механических механизмов такими достижениями похвастаться не может. Но микроустройства уже существуют. Их планируют широко использовать в датчиках ускорений (акселерометрах), датчиках скоростей, анализаторах среды. Все эти микроэлектромеханические



системы имеют краткое название — МЭМС. Эти устройства объединяют в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты. В лаборатории Sandia был создан самый маленький цепной механизм (см. рис). Радиус одной шестерни  $R_1 = 180$  мкм, а другой  $R_2 = 20$  мкм.

Найдите угловую скорость вращения маленькой шестеренки, если угловая скорость вращения большой  $\omega = 20$  об/мин. (4 балла)

**Решение:**

Поскольку проскальзывания нет, то постоянной является линейная скорость.

$$V_1 = V_2$$

$$\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2, \text{ откуда}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 R_1}{R_2} = 20 \text{ об/мин} \frac{180 \text{ мкм}}{20 \text{ мкм}} = 180 \text{ об/мин}$$

### *Задача 9. От ботаники до нанотехнологий*



Друзья, на картинках изображены растения. Назовите их, пожалуйста. У этих растений есть одно общее свойство, которое активно используется нанотехнологами в текстильной промышленности для создания непромокаемых тканей.

Вопросы:

1. По «имени» какого растения названо это природное явление?
2. На чем основано это явление? В чем его биологический смысл?

**Решение:**

На картинках изображены: аквилегия, настурция и тростник обыкновенный. Это свойство – супергидрофобность. Цветок по имени которого назван этот феномен – лотос, при попадании воды на его листья – они скатываются. Этот эффект возникает благодаря структуре листьев (все они в микроскопических выступках) и в восковом налете. Благодаря этому капли воды, попадая на листья, становятся шарообразной формы и скатываются с поверхности листа. Биологическая роль этого эффекта состоит в том, что после дождя

эффективней с поверхности листа смываются все вредные бактерии, грибы и вирусы, а также в том, что повышается коэффициент полезного действия фотосинтеза.

### **Задача 10. Искусственные цветы**

Такие цветы умеют выращивают химики в водных растворах.

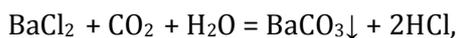
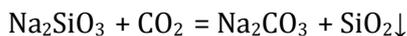


Это сделать совсем несложно. Для этого в воду, очищенную от растворенных газов, добавляют хлорид бария (4 г/л), силикат натрия (1 г/л), вносят в раствор алюминиевую и стеклянную пластинку и пропускают через раствор углекислый газ в течение нескольких часов. На пластинке растут кристаллы, форма которых зависит от кислотности раствора, количества добавленного углекислого газа, температуры. Напишите уравнения двух возможных реакций, которые протекают в таком растворе. Чему равна толщина стебля и размер бутона на каждом рисунке? Ответ дайте в нанометрах.

Оценка за задачу – 5 баллов

#### **Решение:**

Цветы состоят из осадков карбоната бария и диоксида кремния.



выделяющийся HCl теоретически может растворять карбонат бария, однако в этих экспериментах его нейтрализовывали добавлением небольшого количества щелочи.

Размер стебля и бутона на каждом рисунке можно оценить по масштабу (10 мкм = 10 тысяч нм)

D – стебель около 1 000 нм, бутон – 8 000 нм

E – стебель около 5 000 нм, бутон – 60 000 нм

F – стебель около 2 000 нм, бутон – 10 000 нм

Ответы в мкм не засчитывались.

### Задача 11. Загадка гнома

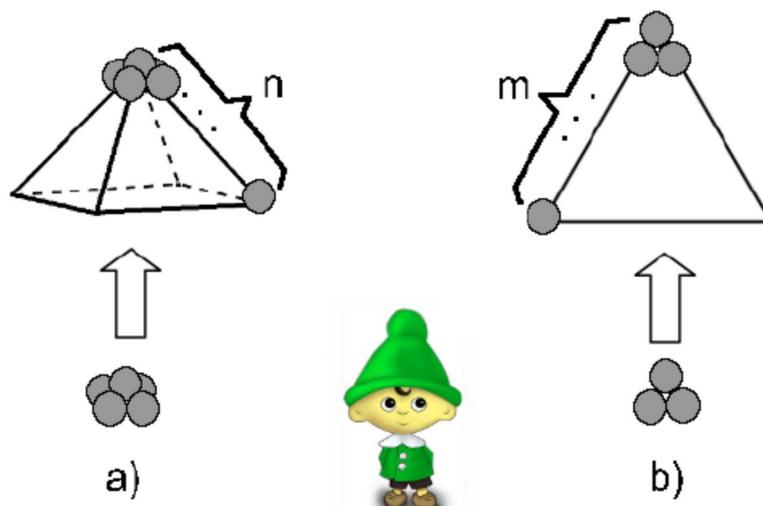


Рис. а) Кластер в форме квадратной пирамиды имеет  $n$  атомов металла на ребре (пример для  $n = 2$ ). б) Кластер в форме треугольника имеет  $m$  атомов меди на ребре (пример для  $m = 2$ ).

У маленького гномика было две одинаковых кучки атомов меди. Из первой он начал собирать кластер в виде квадратной пирамиды (рис. а), последовательно увеличивая ее размер, а из второй – в виде равностороннего треугольника (рис. б). В какой-то момент оказалось, что ни в первой, ни во второй кучках не осталось ни одного атома, но при этом оба кластера были построены без изъянов.

Найдите минимальное число атомов, которое могло быть в каждой кучке. Во сколько раз  $n$  отличается от  $m$ ? Кратко опишите ход своих рассуждений.

**Подсказка:** для решения задачи совсем не обязательно выводить сложные формулы, попробуйте, как и гномик, строить такие кластеры.

Оценка за задачу – 5 баллов

#### Решение:

Схема решения для младших школьников. В квадратной пирамиде число атомов в основании – это квадрат натурального числа, а основание треугольника – это натуральное число.

Атомами из первой кучки начнем последовательно «послойно» наращивать пирамиду (П). Одновременно из второй кучки будем пошагово увеличивать размер треугольника (Т) так, чтобы число атомов в треугольнике было не больше числа атомов в пирамиде.

Минимальному значению будет отвечать момент, когда числа атомов в кластерах впервые сравняются:

$$\text{П: } 1 + 2 \cdot 2 = 5; \text{ Т: } 1 + 2 = 3; 3 + 3 = 6 \quad (6 > 5)$$

$$\text{П: } 5 + 3 \cdot 3 = 14; \text{ Т: } 6 + 4 = 10, 10 + 5 = 15 \quad (15 > 14)$$

$$\text{П: } 14 + 4 \cdot 4 = 30; \text{ Т: } 15 + 6 = 21, 21 + 7 = 28, 28 + 8 = 36 \quad (36 > 30)$$

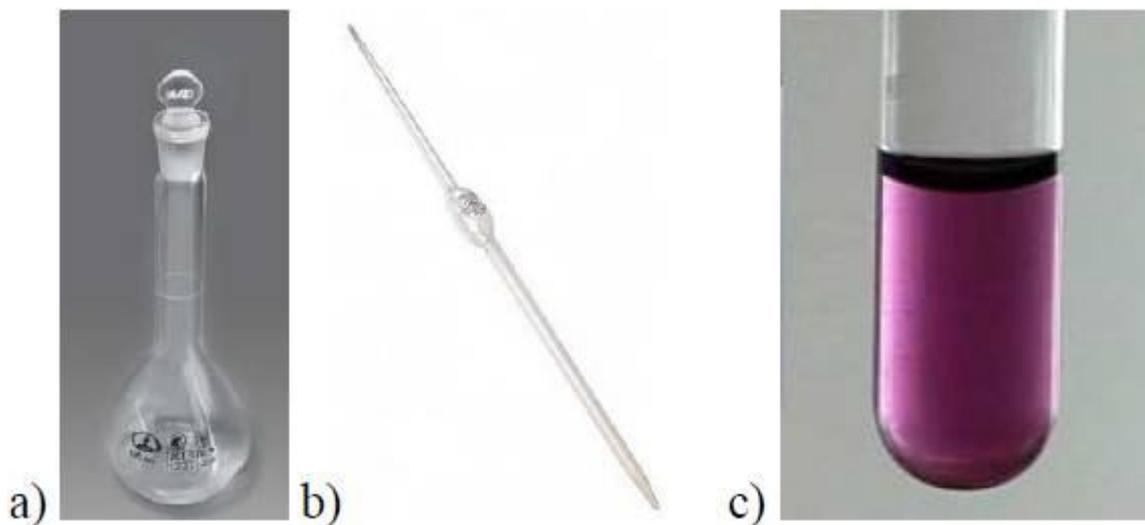
$$\text{П: } 30 + 5 \cdot 5 = 55; \text{ Т: } 36 + 9 = 45; 45 + 10 = 55 \quad (55 = 55)$$

Или

Атомов на ребре	Квадратная пирамида	Треугольник
2	$1 + 2 \cdot 2 = 5$	$1 + 2 = 3$
3	$5 + 3 \cdot 3 = 14$	$3 + 3 = 6$
4	$14 + 4 \cdot 4 = 30$	$6 + 4 = 10$
5	$30 + 5 \cdot 5 = 55$	$10 + 5 = 15$
6	$55 + 6 \cdot 6 = 91$	$15 + 6 = 21$
7		$21 + 7 = 28$
8		$28 + 8 = 36$
9		$36 + 9 = 45$
10		$45 + 10 = 55$
11		$55 + 11 = 66$

Значит, у гномика в каждой кучке было по 55 атомов, ребро квадратной пирамиды содержит 5 атомов, а треугольника – 10 (т.е., в два раза больше).

### Задача 12. Подготовка к эксперименту



Мерная колба с одной меткой (а) и пипетка с одной меткой (b) позволяют точно отмерить только номинальный объем; (с) раствор наночастиц золота.

Помогите юному нанотехнологу приготовить для важного эксперимента **6 мл** водного раствора наночастиц золота, в каждом миллилитре которого содержится **1 мкг** наночастиц, если имеются:

- 25 мл водного раствора, в каждом миллилитре которого содержится 5 мг наночастиц,
- 100 мл воды,
- одна мерная колба объемом 10 мл,
- две мерных колбы объемом 5 мл,
- пипетка объемом 3 мл.

Пошагово опишите все действия. Какие еще растворы (объем, масса наночастиц в одном миллилитре) у вас получатся в ходе подготовки к эксперименту?

Считать, что:

- можно использовать только имеющуюся посуду, хранить жидкости в пипетке нельзя;
- вся химическая посуда покрыта особым нанопокрытием, поэтому из нее можно вылить всю жидкость до последней капли;
- воду и исходный раствор наночастиц нельзя выливать обратно или «в раковину»;
- наночастицы золота равномерно распределяются по всему объему растворов.

**Подсказка:** приготовьте сначала раствор, каждый миллилитр которого содержит 1 мг наночастиц, а потом уже отмерьте от него 6 мл.

**Решение:**

Существует как минимум 4 способа решения данной задачи, далее приводятся некоторые из них.

Способ 1, с использованием подсказки.

1) Согласно подсказке, сначала надо приготовить раствор наночастиц золота с новым содержанием наночастиц.

Содержание НЧЗ «1 мг в мл» раствора (разбавленный, обозначим как «р-р2») отличается от содержания «5 мг в мл» (исходный раствор, обозначим как «р-р1») в 5 раз. Такого содержания можно достичь, увеличив объем раствора в 5 раз без увеличения количества наночастиц в нем. Данный процесс называется разбавление.

Если мы разбавим 1 мл «р-р1», то получим всего 5 мл «р-р2», что меньше требуемых в условии 6 мл, значит, для разбавления надо отобрать 2 мл «р-р1» (кроме того, на двукратное проведение процедуры разбавления нам может просто не хватить колб).

Как получить необходимые 2 мл? «2 это 5 минус 3»!

2) В первую колбу объемом 5 мл («5<sub>1</sub>») наливаем 5 мл «р-р1», затем переливаем отмеренный объем в колбу объемом 10 мл («10»);

3) из колбы «10» пипеткой отбираем 3 мл «р-р1» и переносим их в колбу «5<sub>1</sub>».

То есть, на этом шаге у нас 3 мл «р-р1» в колбе «5<sub>1</sub>» и 2 мл «р-р1» - в колбе «10».

В колбу «10» доливаем воду до общего объема 10 мл (то есть, к 2 мл раствора «5 мг в мл» добавляем 8 мл с нулевым содержанием наночастиц, в итоге получаем 10 мл раствора с содержанием наночастиц

$$\frac{2 \cdot 5\text{мг} + 0}{2\text{мл} + 8\text{мл}} = \frac{10\text{мг}}{10\text{мл}} = 1\text{ мг в мл,}$$

- то есть, «р-р2»).

5) Теперь, пользуясь оставшимися объемами химической «посуды», отольем из колбы «10» «мешающие» 4 мл «р-р2».

6) Вспоминаем про колбу «5<sub>1</sub>» и к имеющимся в ней 3 мл «р-р1» доливаем 2 мл «р-р2» из колбы «10». То есть, на этом шаге мы получаем 5 мл раствора с содержанием наночастиц

$$\frac{3 \cdot 5\text{мг} + 2 \cdot 1\text{мг}}{3\text{мл} + 2\text{мл}} = 3,4\text{мг}$$

в мл («р-р3») в колбе «5<sub>1</sub>» и 8 мл «р-ра2» в колбе «10».

7) Осталось отлить еще 2 мл «р-ра2». Снова пользуемся формулой «2 = 5 – 3». Берем вторую колбу объемом 5 мл («5<sub>2</sub>») и отливаем в нее 5 мл «р-ра2» из колбы «10» (то есть, в колбе «10» остается 3 мл «р-ра2»);

8) пипеткой отбираем 3 мл «р-ра2» из колбы «5<sub>2</sub>» и переносим их в колбу «10».

Итого у нас:

- в колбе объемом 10 мл («10») – требуемые 6 мл «р-ра2» (1 мг в мл);
- в первой колбе объемом 5 мл («5<sub>1</sub>») – 5 мл «р-ра3» (3,4 мг в мл);
- во второй колбе объемом 5 мл («5<sub>2</sub>») – 2 мл «р-ра2» (1 мг в мл).

Способ 2. подсказка не используется.

1) В первую колбу объемом 5 мл («5<sub>1</sub>») наливаем 5 мл «р-ра1».

2) Из колбы «5<sub>1</sub>» пипеткой отбираем 3 мл «р-ра1» и переносим их в колбу «5<sub>2</sub>», в колбе «5<sub>1</sub>» остается 2 мл «р-ра1».

3) В колбу «5<sub>1</sub>» доливаем воду до метки (плюс 3 мл, общий объем становится 5 мл). То есть, на этом шаге мы получаем 5 мл раствора с содержанием наночастиц

$$\frac{2 \cdot 5\text{мг} + 3 \cdot 0\text{мг}}{2\text{мл} + 3\text{мл}} = 2\text{мг}$$

в мл («р-р2») в колбе «5<sub>1</sub>».

4) Из колбы «5<sub>1</sub>» пипеткой отбираем 3 мл «р-ра2» и переносим их в колбу «10», в колбе «5<sub>1</sub>» остается 2 мл «р-ра2».

5) В колбу «10» доливаем при помощи пипетки 3 мл воды. То есть, на этом шаге мы получаем 6 мл раствора с содержанием наночастиц

$$\frac{3 \cdot 2\text{мг} + 3 \cdot 0\text{мг}}{3\text{мл} + 3\text{мл}} = 1\text{мг}$$

в мл («р-р3») в колбе «10».

Итого у нас:

- в колбе объемом 10 мл («10») – требуемые 6 мл «р-ра3» (1 мг в мл);
- в первой колбе объемом 5 мл («5<sub>1</sub>») – 2 мл «р-ра2» (2 мг в мл);
- во второй колбе объемом 5 мл («5<sub>2</sub>») – 3 мл «р-ра1» (5 мг в мл).

### Задача 13. Растягиваем белок

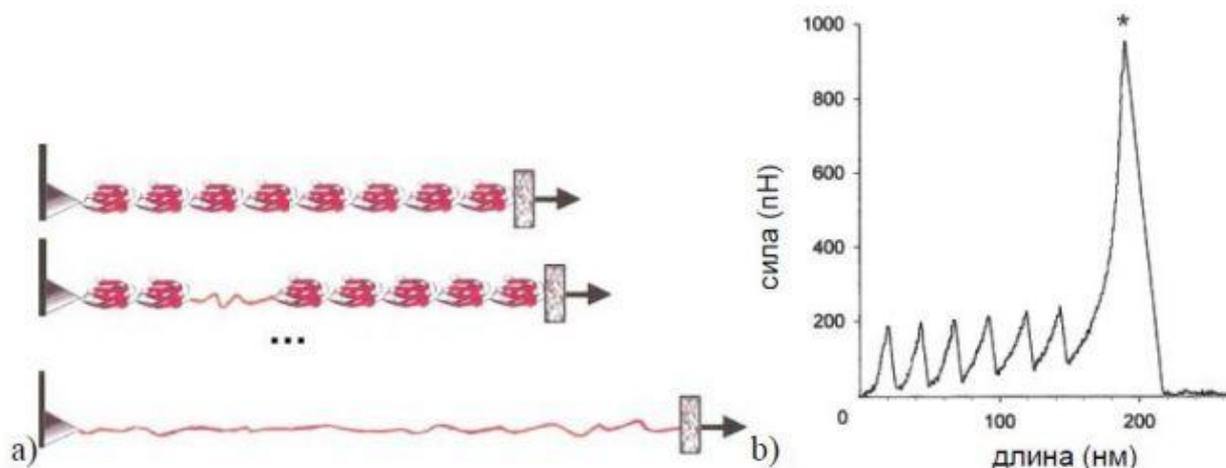


Рис. (а) Схематичный пример растягивания белка, состоящего из 8-ми одинаковых глобул-клубков. (б) График зависимости силы натяжения белка, состоящего из  $x$  глобул, от изменения его длины.

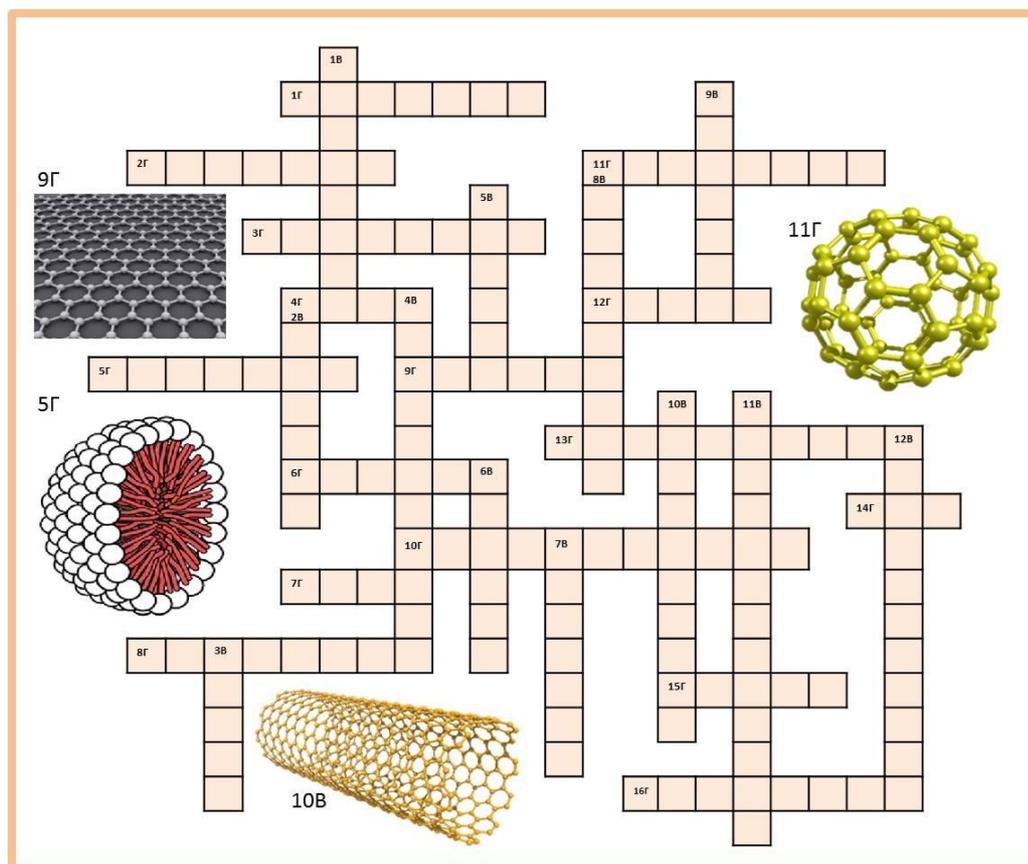
Если начать растягивать белок, состоящий из соединенных друг с другом одинаковых глобул-клубков, то при натяжении они начнут распутываться (рис. а), подобно тому, как развязываются скользящие узлы на веревке.

1. При растягивании такого белка, содержащего  $x$  глобул, измерялась сила натяжения при постепенном увеличении длины белка (график б). Определите  $x$ .
2. Оцените увеличение длины белка после «распутывания» одной глобулы.
3. Что происходит с белком в помеченной звездочкой точке на графике?

#### Решение:

1. Каждый пик (кроме последнего, самого большого) отвечает «распутыванию» одной глобулы-клубка. Значит, в белке содержится **6** глобул.
2. После «распутывания» последней глобулы общая длина белка увеличилась на  $\approx 150$  нм. Значит, распутывание одной глобулы приводит к увеличению длины на примерно  $150/6 = 25$  нм.
3. Белок отрывается от иглы атомно-силового микроскопа (допускался также ответ «разрывается»).

## Задача 14. Нанокроссворд биолого-химический



### По вертикали:

**1В.** Молекула или молекулярный комплекс на поверхности клетки, способные распознавать и связывать специфические химические группировки, молекулы или клетки и передавать сигнал внутрь клетки.

**2В.** Итальянский врач и ученый, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине, который изобрел метод окрашивания отдельных нервов и клеток с помощью нитрата серебра.

**3В.** Шотландский ботаник, сделавший великое открытие, наблюдая за движением пыльцевых зерен в жидкости.

**4В.** Мембранная органелла, характерная для магнитотактических бактерий, содержащая монодоменные ферромагнитные кристаллы.

**5В.** Жидкая часть крови.

**6В.** Белковая оболочка вирусной частицы.

**7В.** Витамин группы А.

**8В.** Процесс превращения энергии видимого света в энергию химических связей.

**9В.** Химический элемент, из которого состоят загаданные слова 9Г, 11Г и 10В.

**10В.** см. рисунок

**11В.** Подавление действия одного аллеля другим того же гена.

**12В.** Энергетическая станция клетки.

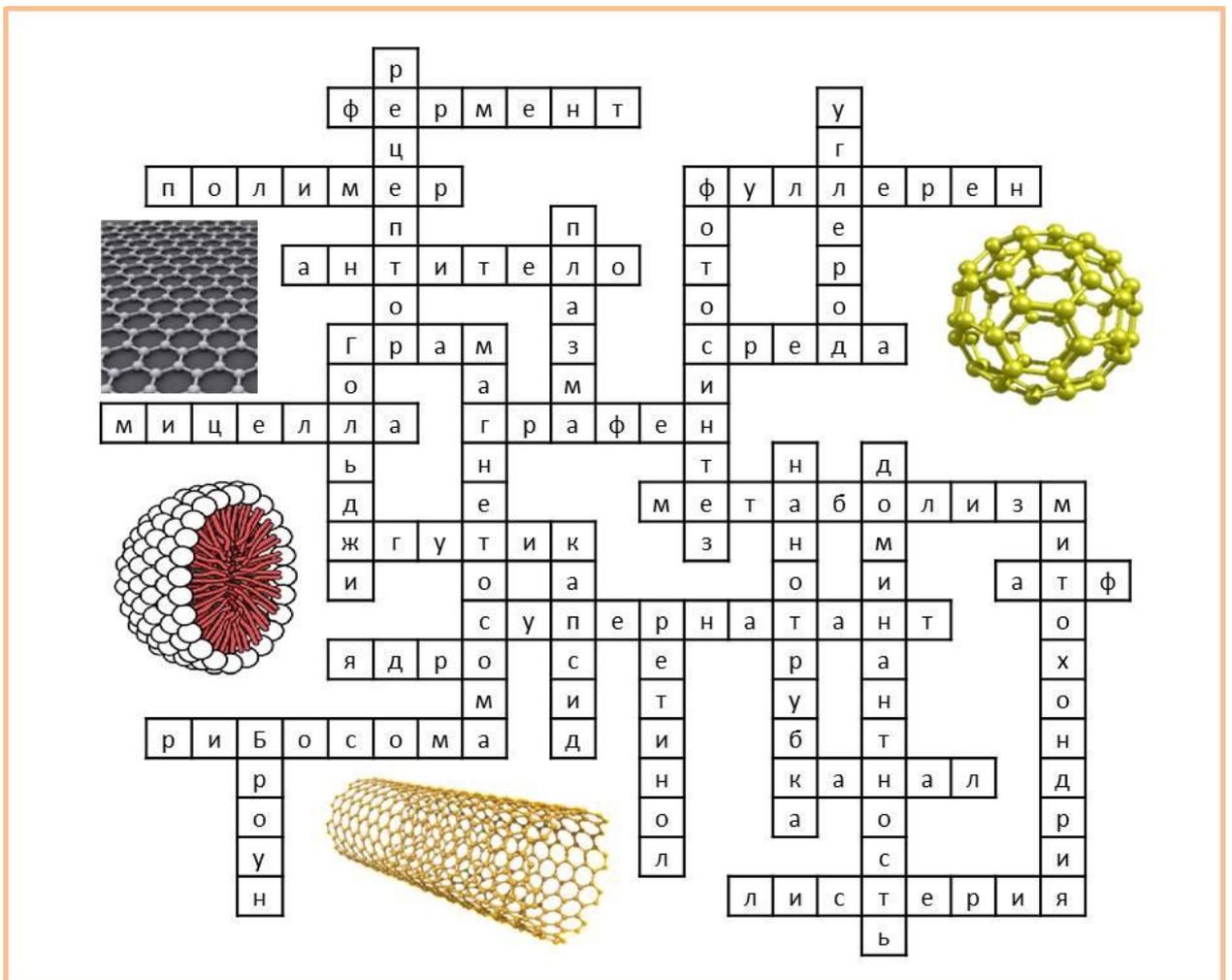
### По горизонтали:

**1Г.** Белковая молекула, реже молекула РНК или их комплекс, ускоряющие (катализирующие) химические реакции в живых системах.

**2Г.** Макромолекула, построенная из повторяющихся низкомолекулярных соединений, соединенных ковалентными связями.

- 3Г. Иммуноглобулин, синтезируемый В-лимфоцитами в организме животного в ответ на попадание в него чужеродного вещества и обладающий специфическим сродством к этому веществу.
- 4Г. Датский ученый, предложивший революционный метод окрашивания бактерий, который лег в основу их классификации.
- 5Г. см. рисунок
- 6Г. Поверхностная структура, присутствующая у многих прокариотических и эукариотических клеток и служащая для их движения в жидкой среде или по поверхности твердых сред.
- 7Г. Мембранная органелла эукариотических организмов, хранящая генетическую информацию.
- 8Г. Клеточная «машина», осуществляющая биосинтез белка.
- 9Г. см. рисунок
- 10Г. Надосадочная жидкость после центрифугирования.
- 11Г. см. рисунок
- 12Г. Питательная жидкость для культивирования клеток.
- 13Г. Обмен веществ.
- 14Г. Единая энергетическая валюта организма.
- 15Г. Сложноорганизованная пора в мембранах клетки и клеточных органелл.
- 16Г. Грамположительная внутриклеточная бактерия, названная в честь английского врача, создателя хирургической антисептики.

**Решение:**



## Задача 15. Нанокроссворд с картинками



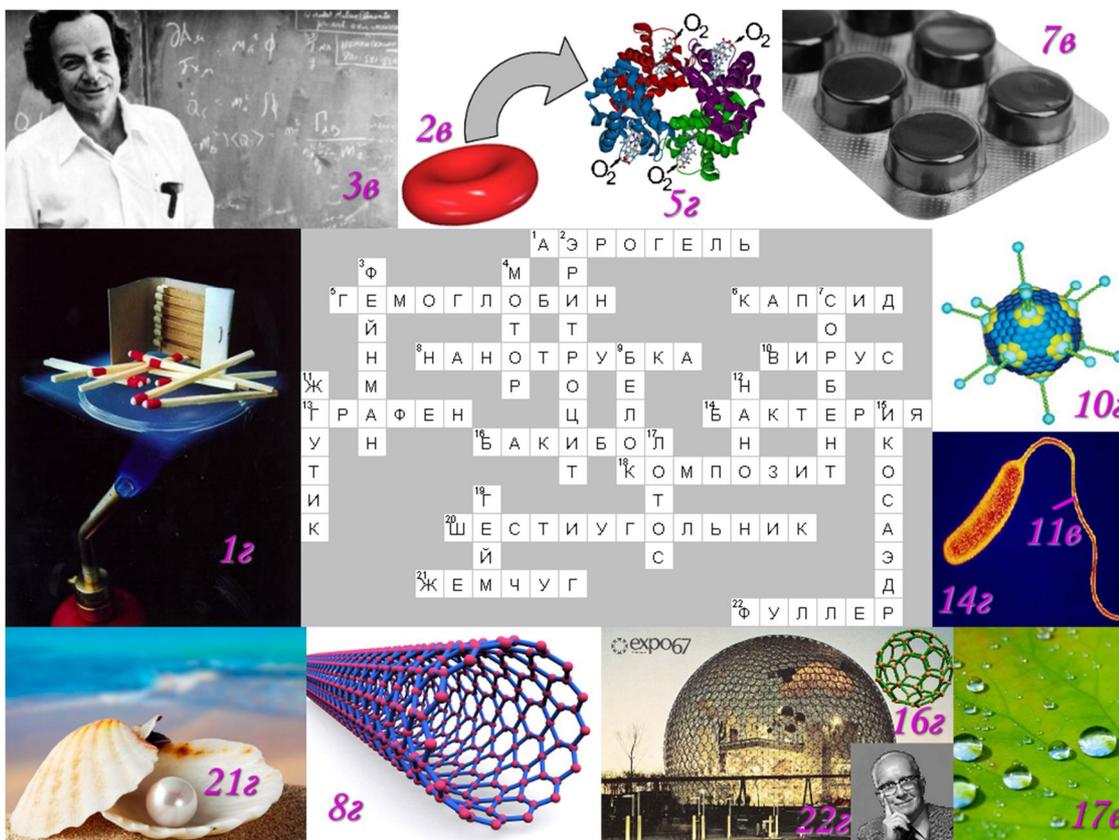
### По горизонтали:

1. сверхлегкая защита от жара (рис. 1г)
5. переносчик кислорода (рис. 5г)
6. оболочка 10г
8. рис. 8г
10. патоген на рис. 10г
13. двумерный материал, который можно получить разрезанием 8г
14. микроорганизм на рис. 14г
16. одно из названий молекулы (рис. 16г)
18. непростой материал, например 21г
20. общий геометрический элемент для 8г, 16г и 13г
21. рис. 21г
22. автор архитектурного сооружения (рис. 22г)

### По вертикали:

2. рис. 2в
3. автор фразы «там, внизу, много места» (рис. 3в)
4. молекулярный ... приводит в действие 11в
7. Активированный уголь (рис. 7в) используется как ...
9. 5г – это ...
11. рис. 11в
12.  $10^{-9}$
15. геометрическая форма 6г, при усечении вершин дает форму 16г
17. его название носит эффект (рис. 17в)
19. он получил Нобелевскую премию за исследование материала 13г

### Решение:



**По горизонтали:**

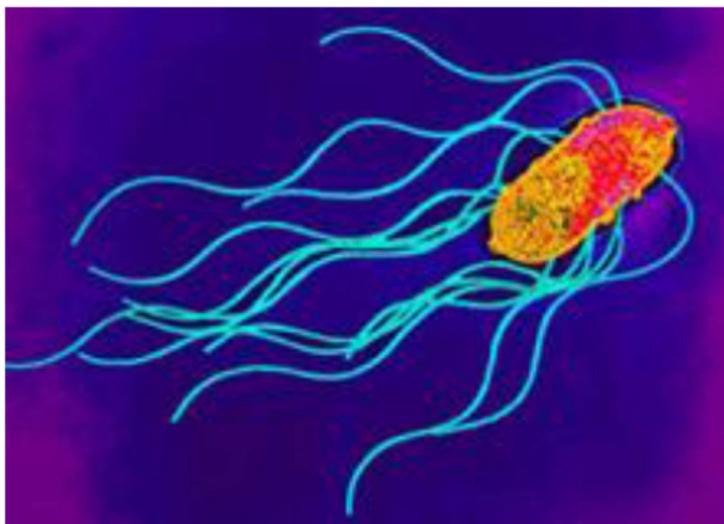
1. Аэрогель – сверхлегкая защита от жара (рис. 1г)
5. Гемоглобин – переносчик кислорода (рис. 5г)
6. Капсид – оболочка 10г
8. Нанотрубка – рис. 8г
10. Вирус – патоген на рис. 10г
13. Графен – двумерный материал, который можно получить разрезанием 8г
14. Бактерия – микроорганизм на рис. 14г
16. Бакибол – одно из названий молекулы (рис. 16г)
18. Композит – непростой материал, например 21г
20. Шестиугольник – общий геометрический элемент для 8г, 16г и 13г
21. Жемчуг – рис. 21г
22. Фуллер – автор архитектурного сооружения (рис. 22г)

**По вертикали:**

2. Эритроцит – рис. 2в
3. Фейнман – автор фразы «там, внизу, много места» (рис. 3в)
4. молекулярный мотор приводит в действие 11в
7. Активированный уголь (рис. 7в) используется как сорбент
9. 5г – это белок
11. Жгутик – рис. 11в
12. Нано –  $10^{-9}$
15. Икосаэдр – геометрическая форма 6г, при усечении вершин дает форму 16г
17. Лотос – его название носит эффект (рис. 17в)
19. Гейм – получил Нобелевскую премию за исследование материала 13г

## Задача 16. Передвижение бактерий

В научной работе огромное количество времени уходит на чтение различных текстов: научных статей, монографий, учебников, руководств к приборам и т.д. И каждый раз очень важно отделить важное от неважного и уметь выделить главное. Вашему вниманию предлагается научно-популярный текст. В конце текста есть несколько вопросов. Постарайтесь внимательно ответить на эти вопросы, используя только материал прочитанного текста.



Бактерии способны передвигаться в жидкости, используя много механизмов, таких как жгутики, изменения поверхностного натяжения, изменения плавучести, полимеризацию актина, который окружает их, и множество еще неизвестных механизмов. Бактериальные жгутики отличаются от жгутиков эукариот. Жгутики прокариот и эукариот принципиально различаются: бактериальный жгутик имеет толщину 10—20 нм и длину 3—15 мкм, он пассивно вращается расположенным в мембране мотором; жгутики же эукариот толщиной до 200 нм и длиной до 200 мкм, они могут самостоятельно изгибаться по всей длине. Жгутик бактерий состоит из трех частей: филамента (собственно нити), крюка и базального тела. Каждая из этих частей сложена из белков. Белки, образующие филамент, называются флагеллинами (от латинского слова *flagellum* — жгутик). Флагеллины складываются в нить, которая с помощью крюка крепится к базальному телу. Базальное тело прочно закорено в клеточной оболочке и может свободно вращаться по или против часовой стрелки. Базальное тело преобразует химическую энергию в работу, вращаясь за счёт градиента концентрации протонов, таким образом, являясь трансмембранным мотором. Например, для *Escherichia coli* (кишечной палочки) на один оборот жгутика требуется перемещение около 1000 протонов, при этом скорость вращения одного жгутика около 2400 об./мин. Плавание — это самый быстрый способ передвижения. Скорость движения бактерий при помощи жгутиков составляет от 20 до 200 мкм/с (для штаммов *Escherichia coli*, имеющих жгутик, — 30 мкм/с). Бактерии, не использующие жгутик при передвижении, таких скоростей развить не могут. Например, скорость движения *Cytophaga-FlexibacterBacteriodes* порядка 2—4 мкм/с. У *Mycoplasma mobile* она достигает 4,5 мкм/с, у нитчатых синезеленых водорослей (цианобактерий) 10 мкм/с. А скорость *Mycoplasma gallisepticum* — всего 0,1 мкм/с. У некоторых бактерий жгутики расположены по всей поверхности клеточной стенки (например, у бактерий рода *Proteus*), такие бактерии известны как перитрихи [от греч. *peri* - вокруг, *trichos* - волос]. Некоторые бактерии снабжены только одним толстым жгутиком (например, представители рода *Vibrio*), они известны как монотрихи. Политрихи —

бактерии, имеющие одиночный по виду жгутик, образованный пучком из 2-50 жгутиков (например, у кишечной палочки, как правило, 5 жгутиков). Бактерия может менять направление движения, изменяя направление вращения базального тела: вращение базального тела по часовой стрелке толкает клетку в направлении от жгутика, а биения против часовой стрелки тянут клетку вслед за жгутиком. Изменение направления движения сопровождается тамблингом (дрожанием), во время которого бактерия некоторое время не совершает поступательных движений. Как мы видим, бактериальные жгутики – это удивительные по строению и свойствам аппараты. Как это часто бывает, ученые черпают свое вдохновение у природы, что является основой такого направления в науке как бионика. Так, жгутики бактерий вдохновили швейцарско-японский коллектив ученых на создание некоторого аналога бактериального жгутика с держателем на конце, способного транспортировать лекарственные препараты внутри организма. Благодаря использованию прямой лазерной записи изображения (DLS) на поверхности фоторезиста (полимерного фоточувствительного материала), с последующим удалением неполимеризованных участков и нанесением слоев никеля и титана методом нанесения из газовой фазы (PVD), авторам удалось получить хорошо воспроизводимые "наноштопоры" необходимой формы. В отличие от бактериальных жгутиков, которые перемещают бактерию из области с меньшей концентрацией питательных веществ в область с большей концентрацией, движущей силой для полученных "наноштопоров" является внешнее магнитное поле – статическое и вращающееся, причем в случае статического поля направление движения существенно зависит от угла подъема винтовой линии "наноштопора" (практически сонаправлено при угле подъема 45 градусов и практически перпендикулярно при 75 градусах). В случае приложения переменного поля ситуация несколько сложнее. При низких частотах наблюдается так называемое дрожание (тамблинг). Тамблинг также характерен для бактерий, когда им необходимо поменять направление своего движения, и занимает около 0,1 с. При увеличении частоты внешнего поля возникает момент, индуцирующий винтовое движение. Для наглядной демонстрации транспортных возможностей предложенного "наноштопора", авторами был проведен очень красивый эксперимент. В начале штопор,двигающийся в деионизированной воде, захватывает микрошарик полистирола (диаметром 6 мкм), который затем толкает по заданному маршруту, причем на пути следования штопора находится существенная ступенька. Несмотря на это препятствие, груз остается в держателе и по достижении цели высвобождается простым изменением направления движения штопора.

#### **Вопросы к тексту:**

- 1) Какие механизмы передвижения бактерий упомянуты в тексте? (несколько вариантов ответа)
  - а) с помощью жгутиков
  - б) скольжением
  - в) изменением поверхностного натяжения
  - г) реактивным движением
  - д) с помощью полимеризации актина
- 2) Во сколько раз скорость передвижения самой быстрой жгутиковой бактерии больше, чем скорость передвижения самой медленной безжгутиковой?
  - а) в 2 раза
  - б) в 20 раз
  - г) в 200 раз
  - д) в 2000 раз

- 3) К какому направлению науки можно отнести разработку швейцарско-японского коллектива ученых?
- к нанотехнологиям
  - к биотехнологиям
  - к бионике
  - к электронике
- 4) При каких значениях переменного магнитного поля созданный учеными «наноштопор» переставал направленно двигаться?
- при низких
  - при высоких
  - при частотах ниже 140 Гц
  - ни при каких
- 5) Почему белок, образующий филамент жгутика, называется флагеллин?
- 6) Какие бактерии легко принять за растения?
- 7) Для каких целей ученые создали «наноштопор»?
- 8) Как исследователи собираются контролировать движение созданного аппарата?
- 9) Кишечная палочка проделала путь 30 мкм в жидкой среде в одном направлении, после чего поменяла направление на противоположное и продвинулась еще на 90 мкм. Учитывая материал текста, ответьте на вопросы. Сколько времени она затратила на весь процесс? Сколько протонов было потрачено на движение?
- 10) Какие выражения истинны (И), какие ложны (Л), какие не указаны (НУ) в тексте. При затруднениях – вновь обратитесь к тексту.
- Существует множество механизмов перемещения бактерий, однако скольжение – наиболее загадочный тип перемещения бактерий.
  - Скорость движения бактерий при помощи жгутиков для разных бактерий может отличаться на порядок.
  - представители рода *Vibrio* обладают 1 жгутиком, представляющим собой пучок из 5-6 более мелких жгутиков.
  - В экспериментах по управлению движением искусственного «наноштопора» использовали статическое и вращающееся магнитное поле.
  - Высвобождение «груза», который переносит «наноштопор», происходит за счет изменения направления его движения.
- 11) Творческое задание. Отвлечемся, наконец, от текста и подумаем. На какие еще изобретения может вдохновить нас природа? Предложите свою идею (идеи).
- Оценка за задание – 11 баллов

**Решение:**

- а, в, д
- д
- в
- а
- Потому что слово происходит от латинского *flagellum* – жгутик.
- Цианобактерии (об этом говорит само название - синезеленые водоросли).
- Для транспортировки лекарственных препаратов внутри организма.
- С помощью магнитного поля.
- 

Дано: скорость движения 30 мкм/с  
 На 1 оборот уходит 1000 протонов (N)  
 количество жгутиков (L) – 5 штук

$t_T$  (тамблинга) – 0,1 с

скорость вращения жгутика ( $V$ ) =  $[2400 \text{ (об/мин)} / 60 \text{ (с/мин)}] = 40 \text{ об/с}$

Решение:

1)  $S=30+90 = 120$  (мкм) – путь кишечной палочки

2)  $t=120 \text{ (мкм)} / 30 \text{ (мкм/с)} = 4$  (с) – время движения

3)  $t_{\text{общее}} = t+t_T = 4 + 0,1 = 4,1$  (с) – время, затраченное на весь процесс с учетом тамблинга

4)  $V*t*L*N = 40 \text{ об/с} * 4 \text{ (с)} * 5 \text{ (жгутиков)} * 1000 \text{ (протонов/об)} = 800\,000$  (протонов) – было потрачено на движение.

Ответ: было потрачено 4,1 с и 800000 протонов.

**10)**

а) НУ

б) И

в) Л

г) И

д) И

### Задача 17. Филворд

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

Перед вами филворд на определенную тему. Каждая буква может входить в состав только одного слова. Слова в этом филворде располагаются либо по вертикали, либо по горизонтали. Они не пересекаются, не «ломаются», но могут соприкасаться друг с другом.

**В филворде зашифрованы следующие слова:**

1. белок, входящий в состав жгутиков.
2. шаровидные клетки.
3. направленное движение клеток по градиенту концентрации эффекторов.
4. пептидогликан.
5. временная форма существования микроорганизмов при попадании в неблагоприятные условия.
6. форма хранения генетического материала прокариот.
7. процесс переноса части генетического материала при непосредственном контакте двух клеток.
8. фамилия ученого.

Все слова филворда связаны между собой. Однако есть одно лишнее слово. Запишите его. Почему оно лишнее?

**Решение:**

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