



**Решения задач**  
**Beyond Biology Olympiad №3**

7-9 классы

25 июня 2023

### Задача 1.

1. На схемах изображены жгутики эукариот и прокариот [0.5]

2.

Номер элемента	Название элемента
1	Нить
2	Крюк
3	Базальное тело
4	Стержень
5	Плазматическая мембрана
6	Периплазматическое пространство
7	Пептидогликановый слой
8	Наружная мембрана
13	Центральные фибриллы
14	Периферические фибриллы
15	Наружная мембрана (плазматическая)

16	Аксиальна гранула
17	Кинетосома

[каждый пункт по 0,25]

[3,75 баллов]

### Задача 2.

1) Из представленной формулы

$h_{max} = \frac{2 \sigma \cos \theta}{r g \rho}$  выразим неизвестное  $r = \frac{2 \sigma \cos \theta}{g \rho h_{max}}$ . Зная значение для Земли

вычисляем  $r = 1,145 \cdot 10^{-7}$  метров [1]. Вспоминаем, что ускорение свободного падения прямопропорционально массе планеты. Исходя из этого выражаем  $g$  на Виберевинум как  $9.81/4$  [1]. Все это подставляем в изначально

представленную формулу  $h_{max} = \frac{2 \sigma \cos \theta}{r g \rho}$ , заменяя коэффициент поверхностного натяжения и плотность воды на таковые у этилового спирта. В результате получаем  $h_{max} = 198,592$  метра. [1]

2) Деревья, как и большинство растений, получают питательные вещества, растворенные в нашем случае в спирте из почвы. Для осуществления процесса всасывания у них отсутствуют какие-либо активные механизмы. Поэтому, чтобы обеспечить постоянное поступление питательных веществ в организм, они используют искусственно создаваемый перепад давления. [1] Именно поэтому они испаряют воду, в нашем случае спирт, через листву. Таким образом они понижают давление в верхних частях системы капилляров. Кроме того, капиллярный эффект, возникающих в мелких сосудах, толкает воду вверх. [1] В идеальных условиях единственным ограничителем высоты дерева является максимальная высота, на которую капиллярный эффект вместе с перепадом давления могут затянуть воду. Именно поэтому мы можем сказать, что максимальной теоретической высотой растения является максимальная высота, на которую может подняться по капилляру вода. [1]

[6 баллов]

### Задача 3.

a)  $N = N_0 \cdot 2^{\{t/G\}}$

$1.5 \cdot 10^6 \cdot 2^{\{t/40\}} = 2^{\{t/30\}}$  [1]

$1.5 \cdot 10^6 = 2^{\{t/30\} / 2^{\{t/40\}}} = 2^{\{\{t/30\} - \{t/40\}\}}$  [1]

$t/30 - t/40 = \{4t-3\} \cdot t/120 = t/120$

$\log_2(1.5 \cdot 10^6) = 20.5 = t/120$

$$t=120 \cdot 20.5=2460 \text{ m} = 41 \text{ h} \text{ [1]}$$

б) Это вещество антибиотик [1], т.к. бактерий начали погибать из за его воздействия. Механизм действия, это вещество влияет на генетический материал организма, по причине того, что он канцерогенен и характерная структура (плоская молекула, образующая водородные связи) похожая на ДНК, показывает это. [1]

**[5 баллов]**

#### **Задача 4.**

AA - черные

Aa - серые

aa - белые

$$1400 \cdot 0.4=560 \text{ - те, кто прилетели}$$

$$400 \cdot 0.4=160 \text{ - черные}$$

$$p = \sqrt{160/560}=0.53 \text{ [1]}$$

$$q=1-0.53=0.47$$

AA - 160 - не дадут потомства

Aa - 278

aa - 122 - количество белых арабских мышей

Следующее поколение:

$$q = 278+244/800=0.6525$$

$$p = 1-0.6525=0.3475 \text{ [1]}$$

AA - 68 - умрут

Aa - 254

aa - 238

Следующее поколение:

$$q=254+476/800=0.74$$

$$p=1-0.74=0.26 \text{ [1]}$$

$$\text{Количество Aa} = 2pq \cdot 400 = 215 \text{ [1]}$$

**[4 балла]**

## Задача 5.

1)

Рисунок	Класс	Вид
A	Chondrichthyes	Helicoprion bessonowi (Геликоприон Бессонова)
B	Mammalia	Physeter macrocephalus (Кашалот)
C	Actinopterygii	Cyprinus carpio (Сазан или Карп обыкновенный)
D	Mammalia	Lobodon carcinophaga (Тюлень-крабояд)
E	Mammalia	Mammuthus primigenius (Шерстистый мамонт)
F	Chondrichthyes	Carcharodon carcharias (Белая акула)

[каждая ячейка по 0,25]

2)

A – Консумент второго порядка

B – Консумент второго порядка

C – Консумент первого порядка (в основном)

D – Консумент второго порядка

E – Консумент первого порядка

F – Консумент второго порядка

[по 0,25]

3) A – Различные моллюски, в основном аммониты

B – Головоногие моллюски и рыба

C – Водные растения

D – Антарктический криль и рыба

E – Травянистая растительность

F – Рыба, моллюски, млекопитающие

[по 0,25]

[6 баллов]

### Задача 6.

Вопрос 1: Ожидаемый выигрыш для мыши, которая всегда выбирает нажатие рычага ("идти") независимо от представленного света.

В этом случае стратегия мыши заключается в том, чтобы всегда выбирать реакцию "идти", независимо от представленного освещения. Давайте подсчитаем его ожидаемую отдачу.

Вероятность появления зеленого огонька равна 0,6, а награда за правильный ответ - 10 пищевых гранул.

Вероятность того, что загорится красный огонек, равна 0,4, а штраф за неправильный ответ составляет -5 пищевых гранул (так как это штраф).

Ожидаемый выигрыш за выбор рычага при появлении зеленого индикатора:

Ожидаемая выплата за ответ "вперед" = (вероятность появления зеленого света \* Вознаграждение за правильный ответ) =  $0,6 * 10 = 6$  [1]

Ожидаемый выигрыш за воздержание от нажатия на рычаг при включении красного света:

Ожидаемый выигрыш за ответ "не ехать" = (вероятность появления красного света \* Штраф за неправильный ответ) =  $0,4 * (-5) = -2$  [1]

Теперь мы можем рассчитать общую ожидаемую отдачу от мыши:

Ожидаемый выигрыш = Ожидаемый выигрыш за ответ "идти" + Ожидаемый выигрыш за ответ "не идти".

Ожидаемый выигрыш =  $6 + (-2) = 4$

Таким образом, ожидаемый выигрыш для мыши, которая всегда выбирает нажатие на рычаг ("идти") независимо от представленного света, составляет 4 гранулы корма в течение большого количества испытаний. [1]

Вопрос 2: Ожидаемый выигрыш для мыши, которая нажимает на рычаг ("идти") с вероятностью  $p$  при появлении зеленого индикатора и воздерживается от нажатия на рычаг ("не идти") с вероятностью  $q$  при появлении красного индикатора.

Давайте рассчитаем ожидаемую отдачу от этой мыши в терминах  $p$  и  $q$ .

Ожидаемый выигрыш за выбор рычага при появлении зеленого индикатора:

Ожидаемая выплата за ответ "идти" = (вероятность появления зеленого света \* Вознаграждение за правильный ответ) =  $0,6 * 10 = 6$

Ожидаемый выигрыш за воздержание от нажатия на рычаг при появлении зеленого огонька:

Ожидаемая выплата за ответ "не идти" = (вероятность появления зеленого света \* Штраф за неправильный ответ) =  $0,6 * (-5) = -3$

Ожидаемый выигрыш за выбор рычага при включении красного света:

Ожидаемый выигрыш за ответ "идти" = (вероятность появления красного света \* Штраф за неправильный ответ) =  $0,4 * (-5) = -2$  [1]

Ожидаемый выигрыш за воздержание от нажатия на рычаг при включении красного света:

Ожидаемая выплата за ответ "не идти" = (вероятность появления красного света \* Вознаграждение за правильный ответ) =  $0,4 * 10 = 4$

Теперь мы можем рассчитать общую ожидаемую отдачу от мыши:

Ожидаемый выигрыш = (Вероятность появления зеленого света \* [ $p * \text{Награда за правильный ответ} + (1 - p) * \text{Штраф за неправильный ответ}$ ])

+ (Вероятность появления красного света \* [ $(1 - q) * \text{Штраф за неправильный ответ} + q * \text{Награда за правильный ответ}$ ])

Ожидаемый выигрыш =  $(0,6 * [p * 10 + (1 - p) * (-5)]) + (0,4 * [(1 - q) * (-5) + q * 10])$  [1]

Дальнейшее упрощение:

Ожидаемый выигрыш =  $6p - 3(1 - p) + 4(1 - q) - 2q$

Следовательно, ожидаемый выигрыш для мыши, которая нажимает на рычаг ("идти") с вероятностью  $p$  при появлении зеленого индикатора и воздерживается от нажатия на рычаг ("не идти") с вероятностью  $q$  при появлении красного индикатора, определяется выражением:  $6p - 3(1 - p) + 4(1 - q) - 2q$  [1]

**[6 баллов]**

## Задача 7.

Чтобы найти количество возможных комбинаций пациентов в данном сценарии, мы можем использовать комбинаторику.

Обычные пациенты: всего 4 обычных пациента (9 пациентов - 3 пациента с гастрэктомией - 2 пациента с антацидами - 3 экспериментальных пациента). Нам нужно выбрать 2 из них для команды. Количество комбинаций определяется биномиальным коэффициентом:  $C(4, 2) = 4! / (2! * (4 - 2)!) = 6$ .  
**[0.5]**

Пациенты, проходящие какое-либо лечение или гастрэктомию: 8 пациентов либо подверглись процедуре гастрэктомии, либо проходят какую-либо форму лечения (3 пациента с гастрэктомией + 2 пациента с антацидами + 3 экспериментальных пациента). Нам нужно выбрать 2 из них для команды. Количество комбинаций определяется как:  $C(8, 2) = 8! / (2! * (8 - 2)!) = 28$ . **[0.5]**

Следовательно, общее количество возможных комбинаций, когда команда пациентов состоит из двух обычных пациентов и двух пациентов, проходящих какое-либо лечение или перенесших процедуру гастрэктомии, составляет  $6 * 28 = 168$  **[0.5]**

Теперь перейдем ко второй части вопроса.

Поскольку прибор стреляет случайным образом по 4 точкам, а всего пациентов 9, вероятность того, что лечится конкретный пациент, равна  $4/9$ .

Вероятность лечения обычного пациента: Поскольку есть 4 обычных пациента, вероятность лечения обычного пациента составляет  $4/9$ . **[0.5]**

Вероятность того, что пациент проходит какое-либо лечение или гастрэктомию: Поскольку есть 8 пациентов, проходящих какое-либо лечение или гастрэктомию, вероятность того, что пациент, проходящий какое-либо лечение или гастрэктомию, будет лечиться, составляет  $8/9$ . **[0.5]**

Вероятность того, что данное лечение сработает успешно для каждого пациента, составляет 75%, что означает, что вероятность того, что оно не сработает, составляет 25%. Следовательно, вероятность успешного лечения пациента составляет 0,75. **[0.5]**



Теперь посчитаем вероятность того, что данное лечение сработает успешно для команды:

Случай 1: Оба обычных пациента успешно лечатся.

$$\text{Вероятность} = (0,75)^2 = 0,5625 \text{ [1]}$$

Случай 2: Один обычный пациент и один пациент, проходящий какое-либо лечение или гастрэктомию, вылечены успешно.

$$\text{Вероятность} = 2 * (0,75 * 0,25) = 0,375 \text{ [1]}$$

Случай 3: Оба пациента, проходящие любое лечение или гастрэктомию, вылечены успешно.

$$\text{Вероятность} = (0,25)^2 = 0,0625$$

Следовательно, общая вероятность того, что данное лечение сработает успешно для команды, равна  $0,5625 + 0,375 + 0,0625 = 1$ . [1]

**[6 баллов]**

### **Задача 8.**

Чтобы определить, имеет ли предполагаемая промоторная область статистически значимую разницу в содержании GC по сравнению со случайно выбранными областями, мы можем выполнить двусторонний t-тест.

Сначала давайте вычислим значение t

$$t = (x - \mu) / (s / \sqrt{n}) \text{ [1]}$$

Где:

$$x = \text{Содержание GC в предполагаемой промоторной области} = 0,55 \text{ [0.25]}$$

$$\mu = \text{среднее содержание GC в случайно выбранных областях} = 0,48 \text{ [0.25]}$$

$$s = \text{стандартное отклонение случайно выбранных областей} = 0,03 \text{ [0.5]}$$

$$n = \text{размер выборки (количество случайно выбранных регионов)} = 1000$$

Подстановка значений:

$$t = (0.55 - 0.48) / (0.03 / \sqrt{1000})$$

$$= 7 / 0.03$$

= 233.33 [1]

Далее нам нужно определить критическое значение  $t$  для уровня значимости 0,05 с  $(n-1)$  степенями свободы. Поскольку размер выборки равен 1000, степени свободы будут равны 999. [0.5]

Используя  $t$ -таблицу или статистическое программное обеспечение, мы находим, что критическое значение  $t$  для двухстороннего теста с 999 степенями свободы и уровнем значимости 0,05 составляет приблизительно  $\pm 1,962$ . [0.5]

Поскольку рассчитанное значение  $t$  (233,33) намного больше критического значения  $t$  ( $\pm 1,962$ ), мы можем заключить, что существует статистически значимая разница в содержании GC между предполагаемой промоторной областью и случайно выбранными областями. [1]

Таким образом, ученые могут сделать вывод, что предполагаемая промоторная область может играть особую роль в регуляции генов из-за ее значительно отличающегося содержания GC по сравнению со случайно выбранными областями. [1]

[6 баллов]

### Задача 9.

а) Чтобы рассчитать генетическое расстояние между видами I и III на основе всех пяти генов, нам нужно просуммировать генетические расстояния для каждого гена.

Ген A: 0,8 Ген B: 0,3 Ген C: 0,0 Ген D: 0,9 Ген E: 0,6 [0.5]

Общее генетическое расстояние между видами I и III =  $0.8 + 0.3 + 0.0 + 0.9 + 0.6$   
= 2.6

Таким образом, генетическое расстояние между видами I и III, основанное на всех пяти генах, равно 2,6. [0.5]

б) Чтобы определить, какие два вида наиболее тесно связаны, нам нужно рассчитать общие генетические расстояния для каждого вида и найти пару с наименьшим общим расстоянием.

Общее генетическое расстояние для вида I =  $0.6 + 0.8 + 0.4 + 0.9 = 2.7$  [0.75]

Общее генетическое расстояние для вида II =  $0.6 + 0.3 + 0.7 + 0.5 = 2.1$  [0.75]

Общее генетическое расстояние для вида III =  $0.8 + 0.3 + 0.9 + 0.6 = 2.6$  [0.75]

Общее генетическое расстояние для вида IV =  $0.4 + 0.7 + 0.9 + 0,2 = 2,2$  [0.75]

Общее генетическое расстояние для вида  $V = 0.9 + 0.5 + 0.6 + 0.2 = 2.2$  [0.75]

Исходя из общих генетических расстояний, виды II и IV, по-видимому, являются наиболее тесно связанными, поскольку у них наименьшее общее расстояние - 2,1. [1.25]

в) Чтобы определить, какой(-ие) ген(ы) показывает наибольшее генетическое расстояние(я), нам нужно найти максимальное генетическое расстояние для каждого гена у всех видов.

Ген А [1]

[7 баллов]

### Задача 10.

Вопрос 1:

Дано: Поглощение (A) = 0,245

Используя стандартное уравнение кривой:

$$0,245 = 0,0325 \times \text{Концентрация} + 0,0124 \quad [1]$$

Перестановка уравнения для решения для концентрации:

$$\text{Концентрация} = (0,245 - 0,0124) / 0,0325$$

$$\text{Концентрация} \approx 7,15 \text{ мг/мл} \quad [1]$$

Следовательно, концентрация NSA в элюате составляет приблизительно 7,15 мг/мл.

Вопрос 2:

Дано: Общий объем элюата = 2 мл

Чтобы рассчитать общее количество NSA в элюате, умножьте концентрацию на объем:

$$\text{Общее количество NSA} = \text{Концентрация} \times \text{объем}$$

$$\text{Общее количество NSA} = 7,15 \text{ мг/мл} \times 2 \text{ мл}$$

$$\text{Общее количество NSA} = 14,3 \text{ мг} \quad [1]$$

Таким образом, общее количество NSA в элюате составляет 14,3 миллиграмма.

[3 балла]