

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи**

11 класс

1 вариант

Задача 1. Под защитой вирусов

Большинство людей даже не догадываются о том, какую роль играют вирусы в жизни на нашей планете. Если бы все вирусы вдруг исчезли, мир стал бы совершенно другим. По современным оценкам, большая часть вирусов является бактериофагами, которые избирательно поражают бактериальные клетки, вызывая их смерть.

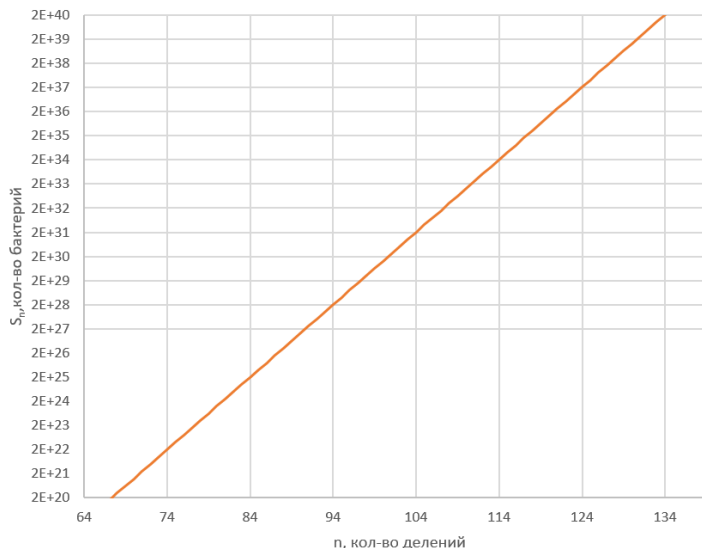
1. Представим, что в некую безвирусную среду мы поместили 1 бактерию, при этом количество питательной среды ничем не ограничено. Через какое количество часов масса бактерий сравняется с массой планеты, если масса Земли 6×10^{24} кг, масса одной бактерии 3×10^{-13} кг, деление бактерий происходит 1 раз в 40 минут?

2. Во сколько раз объём биомассы больше объёма Земли, если средняя плотность планеты $5,5 \times 10^3$ кг/м³, а плотность биомассы $1,56 \times 10^3$ кг/м³?
Ответ округлите до сотых.

3. Во сколько раз радиус получившейся биомассы больше радиуса Земли? Ответ округлите до сотых.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи

Логарифмический график зависимости количества
бактерий от числа делений



Решение:

1. Раздели массу Земли на массу одной бактерии $6 \times 10^{24} / 3 \times 10^{-13} = 2 \times 10^{37}$ (количество бактерий). Согласно графику, данное количество бактерий соответствует 124 циклам деления. Количество часов $(124 \times 40) / 60 = 82,67$ **(10 баллов)**

2. $5,5 \times 10^3 / 1,56 \times 10^3 = 3,53$ **(5 баллов)**

$V = (4/3) \cdot \pi r^3$, выразим объем через плотность, $m/\rho = (4/3) \cdot \pi r^3$ далее выразим радиус $r = (3m/4\rho\pi)^{1/3}$. Так как значения массы одинаковые, то радиусы будут зависеть от плотности вещества, таким образом $(5,5 \times 10^3 / 1,56 \times 10^3)^{1/3} = 1,52$ раз радиус получившейся биомассы больше радиуса Земли. **(5 баллов)**

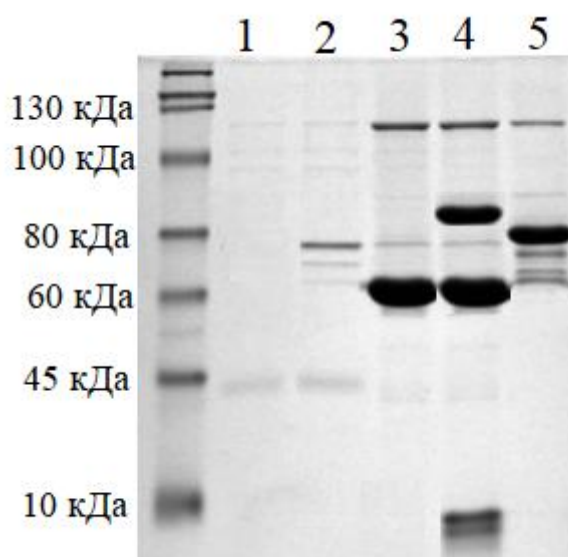
Задача 2. Электрофорез

Электрофорез белков в полиакриламидном геле — метод разделения смесей белков в геле в соответствии с их электрофоретической подвижностью (функцией длины полипептидной цепочки или молекулярной массы). Данный

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи

способ фракционирования белков и пептидов широко применяют в современной биотехнологии.

В ходе трансфекции было отобрано 5 штаммов генетически модифицированных продуцентов. В результате их культивирования было получено 5 образцов культуральной жидкости, содержащих смесь интактных белков. Известно, что масса целевого полипептида равна 60 кДа. Определите, какой из штаммов является отличным источником целевого продукта, исходя из результатов проведённого электрофореза. Объясните, почему именно этот штамм является лучшим для производства белка. Определите длину м-РНК, кодирующую данный белок, если средняя масса аминокислоты 110 Да.



Решение:

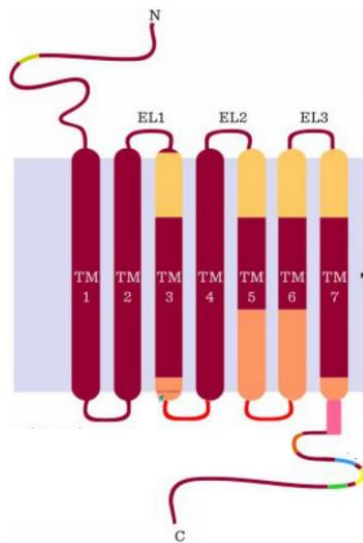
1. Лучший штамм для культивирования под номером 3. **(10 баллов)**
2. Данный штамм является лучшим в связи с тем, что в нем меньше примесных белков по сравнению с штаммом 4. При этом исходя из электрофореграммы концентрация целевого вещества в 3 образце ничем не уступает концентрации белка из 4 образца. **(10 баллов)**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи

3. Количество аминокислот в белке $60000/110=545$ штук. Каждый белок кодируется триплетом, следовательно, длина матричной РНК $545 \cdot 3 = 1635$ нуклеотидов. **(10 баллов)**

Задача 3. G-белки

Белки выполняют широчайший спектр функций и имеют различную локализацию в клетке. G-белки — это семейство белков, относящихся к ГТФамам и функционирующих в качестве вторичных посредников во внутриклеточных сигнальных каскадах, необходимых для регуляции клеточных процессов.



Рецепторы, сопряжённые с G-белками – это семиспиральные (семь раз пересекающие мембрану в виде α -спиралей) белки. Они осуществляют передачу внешних регуляторных сигналов внутрь клетки. Молекулярная масса белка составляет 85 кДа. Вычислите долю аминокислотных остатков белка, формирующих α спираль. Если альфа-спираль имеет шаг 0,54 нм и содержит 3,6 аминокислотных остатка на 1 поворот. Толщина мембраны составляет 8 нм. Средняя масса аминокислотного остатка в белке составляет 110 Да. Ответ дайте в процентах с округлением до целых.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи**

Решение:

1. $8\text{нм}/0,54\text{нм} = 15$ витков внутри мембраны клетки *(10 баллов)*
2. $15 \cdot 3,6 = 54$ аминокислот на 1 спираль *(10 баллов)*
3. $54 \cdot 7 = 378$ аминокислот на 7 спиралей *(10 баллов)*
4. $378 \cdot 110 = 41580$ Да – масса трансмембранных участков *(10 баллов)*
5. $41580/85000 = 49\%$ *(10 баллов)*

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи

2 вариант

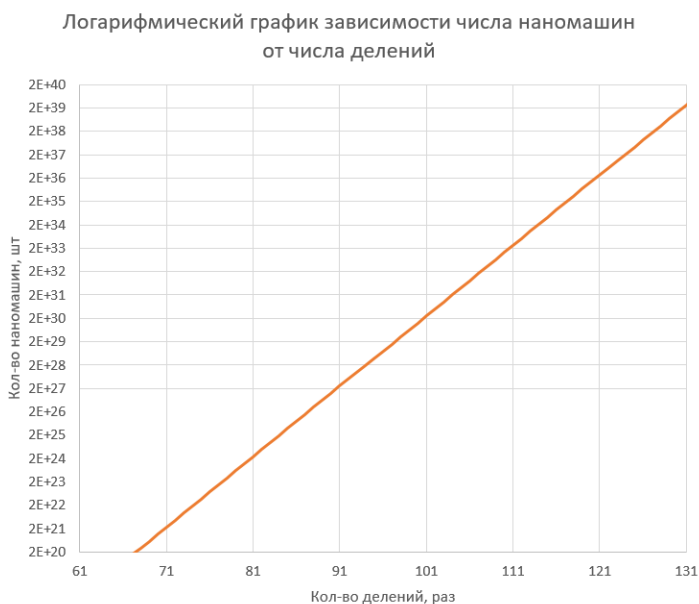
Задача 1. Серая слизь

Серая слизь от англ. *grey goo* – «гипотетический сценарий конца света», связанный с успехами молекулярных нанотехнологий и предсказывающий, что неуправляемые самореплицирующиеся нанороботы поглотят всё доступное им вещество Земли.

1. Представим, что в далёком будущем одна из подобных машин появилась на нашей планете. Через какое количество часов наномашинны смогут поглотить всю биосферу нашей планеты, если масса биосферы 3×10^{15} кг, масса одной наномашинны $1,5 \times 10^{-15}$ кг, деление наномашинны происходит 1 раз в 15 минут? В процессе деления каждая наномашинна потребляет эквивалентное своей массе количество материи.

2. Какое количество углекислого газа выделяют наномашинны в атмосферу, если 1 наномашинна в процессе деления выделяет 5×10^{-16} кг? Ответ округлите до сотых.

3. Какой объём углекислого газа выделится в атмосферу? Ответ дайте в м^3 с округлением до сотых.



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи

Решение:

1. Раздели массу биосферы на массу одной наномашинны 3×10^{15} / $1,5 \times 10^{-15} = 2 \times 10^{30}$ (количество наномашин). Согласно графику, данное количество соответствует 101 циклу деления. Количество часов $(101 \cdot 15) / 60 = 25,25$ **(10 баллов)**

2. $m(\text{CO}_2) = 2 \times 10^{30} \cdot 5 \times 10^{-16} = 1 \times 10^{14} (\text{кг})$,
 $n(\text{CO}_2) = 1 \times 10^{14} / 44 = 0,0227 \times 10^{14} (\text{кмоль})$ или $(2,27 \times 10^{15} \text{ моль})$
(5 баллов)

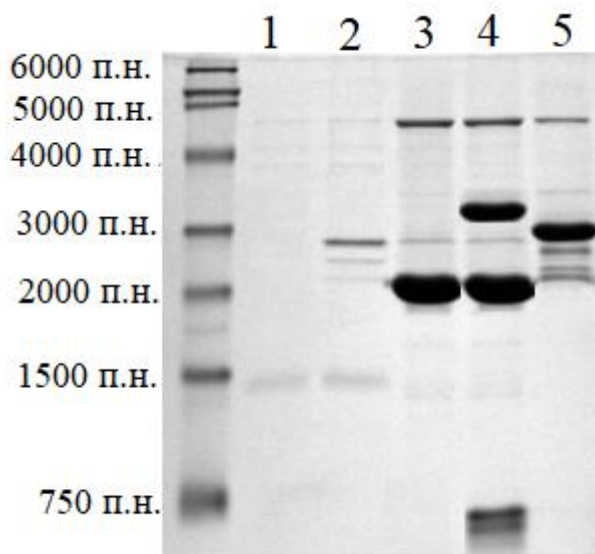
$V(\text{CO}_2) = 2,27 \times 10^{15} \cdot 22,4 = 5,08 \times 10^{13} (\text{м}^3)$ **(5 баллов)**

Задача 2. Электрофорез

Электрофорез ДНК в агарозном геле — аналитический метод, применяемый для разделения фрагментов ДНК по длине. Основан на разной скорости движения фрагментов разной длины при движении в геле под действием внешнего электрического поля.

В ходе культивирования 5 штаммов микроорганизма было получено 5 образцов культуральной жидкости, содержащих смесь целевого продукта и примесей. Известно, что основным видом примесей являются нуклеиновые кислоты. Определите, какой из штаммов является отличным источником целевого продукта, исходя из результатов проведённого электрофореза, если количество целевого продукта во всех пробах примерно одинаково. Объясните, почему именно этот штамм является лучшим для производства белка. Определите молекулярную массу белка, если длина м-РНК 660 нуклеотидов, а средняя масса аминокислоты в молекуле белка 110 Да.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи



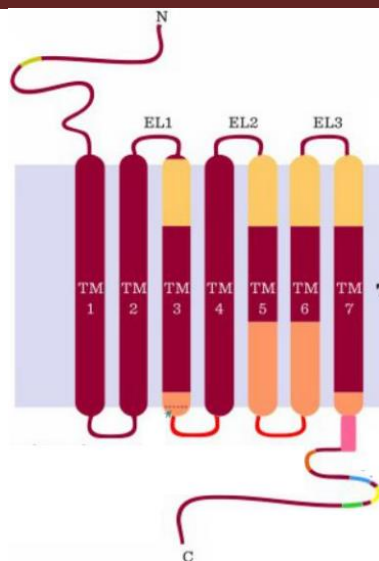
Решение:

1. Лучший штамм для культивирования под номером 1. *(10 баллов)*
2. Данный штамм является лучшим в связи с тем, что в нем меньше примеси ДНК по сравнению с остальными штаммами. *(10 баллов)*
3. Количество аминокислот в белке $660/3=220$ штук. Масса белка $220*110=24,2$ кДа. *(10 баллов)*

Задача 3. G-белки

Белки выполняют широчайший спектр функций и имеют различную локализацию в клетке. G-белки — это семейство белков, относящихся к ГТФамам и функционирующих в качестве вторичных посредников во внутриклеточных сигнальных каскадах, необходимых для регуляции клеточных процессов.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи



Рецепторы, сопряжённые с G-белками – это семиспиральные (семь раз пересекающие мембрану в виде α – спиралей) белки. Они осуществляют передачу внешних регуляторных сигналов внутрь клетки. Молекулярная масса белка составляет 65 кДа. Вычислите долю аминокислотных остатков белка, формирующих α – спираль. Если альфа-спираль имеет шаг 0,54 нм и содержит 3,6 аминокислотных остатка на 1 поворот. Толщина мембраны составляет 7 нм. Средняя масса аминокислотного остатка в белке составляет 110 Да. Ответ дайте в процентах с округлением до целых.

Решение:

1. $7\text{ нм} / 0,54\text{ нм} = 13$ витков внутри мембраны клетки (**10 баллов**)
2. $13 * 3,6 = 47$ аминокислот на 1 спираль (**10 баллов**)
3. $47 * 7 = 329$ аминокислот на 7 спиралей (**10 баллов**)
4. $329 * 110 = 36190$ Да – масса трансмембранных участков (**10 баллов**)
5. $36190 / 65000 = 56\%$ (**10 баллов**)