

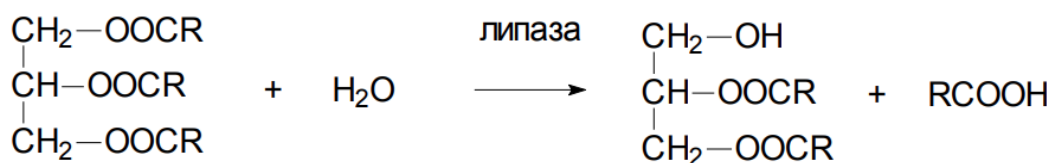
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи

10 класс

1 вариант

Задача 1.

Гидролитический фермент липаза широко распространён в тканях животных и растений. Особенно много его содержится в поджелудочной железе, тканях мышц, семенах различных растений; также в значительном количестве его образуют плесневые грибы и некоторые бактерии. Липаза катализирует реакцию расщепления жиров на глицерин и жирные кислоты, которая начинается обычно с отщепления остатка жирной кислоты в первом положении:



Полученные при этом жирные кислоты можно нейтрализовать щёлочью. По количеству щёлочи, пошедшей на титрование свободных жирных кислот, образующихся за определённый промежуток времени, судят об активности липазы. Активность фермента обычно определяют по скорости убыли субстрата или по скорости накопления продуктов реакции. За единицу активности фермента принят катал (кат), равный количеству фермента, которое катализирует превращение 1 моля субстрата за 1 с. Более широко употребляется международная единица активности ферментов. Активность в международных единицах соответствует количеству субстрата в микромолях, превращённого за 1 мин.: $1\text{E} = 1\text{ мкмоль/мин.}$

1) Для определения активности гидролитического фермента липазы, выделенного из *Candida lipolytica*, взяли 100 мл пастеризованного молока.

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

На титрование образовавшихся в ходе гидролиза жирных кислот в 10 мл пробы, отобранной через 2 мин., было затрачено 0,1 мл 0,01 М раствора NaOH.

Определите активность фермента (мкмоль/мин), используя формулу:

$$A = \frac{n_{\text{п}} \times V_{\text{п}}}{V_{\text{а}} \times t}$$

A – активность фермента, мкмоль/мин

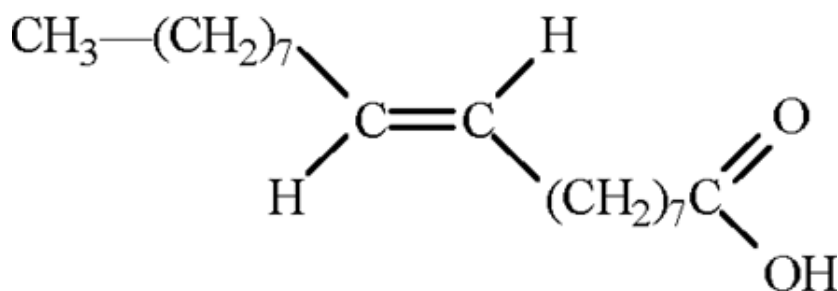
$n_{\text{п}}$ – количество продукта, мкмоль

$V_{\text{п}}$ – объём субстрата, взятого на анализ, мл

$V_{\text{а}}$ – объём реакционной смеси, взятой на титрование, мл

t – время эксперимента, мин.

2) за какое время (мин.) данный фермент переработает 10 л олеиновой кислоты, если её плотность составляет 895 кг/м³, а структурная формула олеиновой кислоты представлена на рисунке? Ответ дайте в виде целого числа.



Задача 2.

В 1999 году с использованием методов генной инженерии впервые были получены трансгенные флуоресцентные рыбки данио рерио (*Danio rerio*). Трансгенные данио отличаются от своей исходной формы окраской тела.

В их ДНК встроены фрагменты ДНК медузы (*Aequorea Victoria*) и красного коралла (*Discosoma*). Данио с фрагментом ДНК медузы (ген GFP) имеют зелёный цвет, с ДНК коралла (ген RFP) — красный, а рыбки, в генотипе

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

которых присутствуют оба фрагмента, — желтые. Благодаря наличию этих чужеродных белков рыбки ярко светятся в ультрафиолетовом свете.

Данные флуоресцентные рыбки вскоре стали популярными среди аквариумистов и были запатентованы как GloFish – «светящиеся рыбки». Помимо декоративных целей данные рыбки могут использоваться в генной инженерии в качестве модели для анализа генетических механизмов заболеваний крови человека и разработки методов их терапии, а также для моделирования процессов канцерогенеза.

Данио рерио – неприхотливые рыбки семейства карповых, имеют вытянутое, торпедообразное тело ярко-розовой окраски со светлыми горизонтальными полосками от головы до хвостового плавника. Данио занимают преимущественно верхнюю треть аквариума. Они активны, шустры и интересны в поведении. Рекомендуется держать их стайкой от 5 рыбок. Объём аквариума для флуоресцентных данио может быть от 30 литров на стайку. Подходящие параметры воды для них: температура +20...+25°C, жёсткость до 15 °dGH, pH 6 – 7.

Одной из научных групп, занимающихся моделированием процессов канцерогенеза, необходимо вырастить стаю рыбок данио рерио для своих экспериментов. Перед заселением рыбок в аквариум они проверили жёсткость воды с использованием набора, который показывает значение в миллионных долях (ppm). Значение жёсткости воды составило 350 ppm.

Нормы жёсткости в РФ:

Категория жёсткости воды	ppm (мг/л)
Мягкая вода	0 – 100
Вода средней жёсткости	100 – 500
Жёсткая вода	> 500

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

1) Определите, к какой категории жёсткости относится данная вода, учитывая, что 1^0dGH равен 17,831 ppm. Подходит ли она для выращивания рыбок данио рерио? Ответ обоснуйте.

2) Если жёсткость воды не позволяет выращивать в них рыбок предложите меры, которые позволят добиться оптимального значения жёсткости воды для выращивания рыбок Данио рерио. В ответе предложите не менее двух методов, хотя бы один из них должен подразумевать проведение химической реакции (напишите полное уравнение этой реакции). Укажите как минимум одно достоинство и один недостаток для каждого метода.

3) Какой минимальный объём воды необходимо взять для содержания 50 особей (приведите расчёт)? Подходят ли предложенные Вами методы для обработки такого объёма воды? Ответ обоснуйте.

Задача 3.

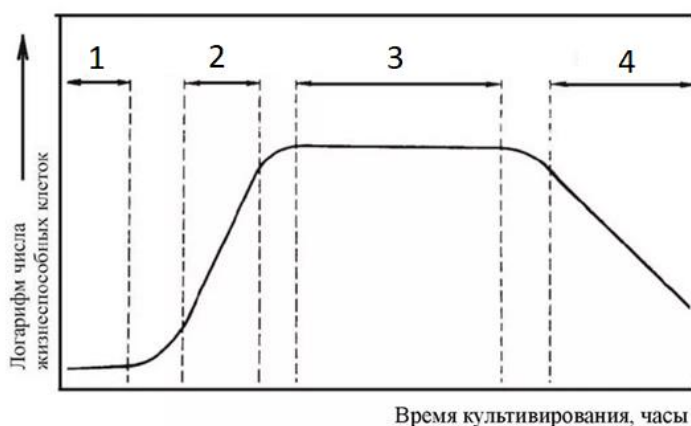
В 1951 году из раковой опухоли шейки матки пациентки по имени Генриетта Лакс была получена линия клеток HeLa. Чем удивительны эти клетки? Обычно число деления соматических клеток ограничено пределом Хейфлика: каждый раз при делении клетки происходит сокращение размера теломер (участков ДНК на концах хромосом), поэтому примерно после 50 делений клетка «умирает». Но только не клетки HeLa. Они не имеют предела деления и фактически являются «бессмертными».

Как и многие другие раковые клетки, HeLa продуцирует фермент теломеразу, который наращивает теломеры, но делает это с очень высокой скоростью. Стало понятно, что появилась «вечная» клеточная линия, которая адекватно имитирует сущность человеческого организма. А использование однородной клеточной линии в различных экспериментах позволило считать их достоверными и воспроизводимыми в других лабораториях. Клетки HeLa используются для исследования рака, СПИДа, воздействия радиации и

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

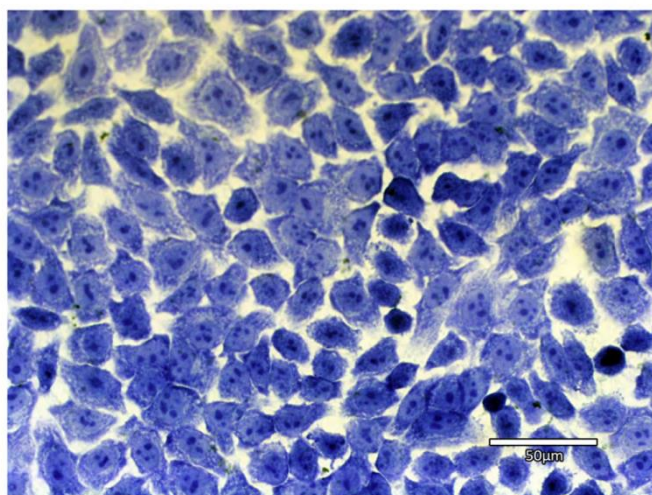
в других опытах. А ещё именно благодаря HeLa удалось создать эффективную вакцину от полиомиелита.

1) На рисунке представлена типичная кривая деления обычных соматических клеток. Нарисуйте, как примерно будет выглядеть кривая роста



клеток HeLa в тех же координатах (зависимость логарифма числа жизнеспособных клеток от времени культивирования, часы). Какая будет наблюдаться зависимость количества клеток от времени? Ответ объясните.

2) На рисунке представлена микрофотография клеток линии HeLa.



Определите средний размер одной клетки в мкм на основании трёх измерений, считая, что клетка условно круглая. Определите плотность клеток в поле зрения по картинке (число клеток/мм²). Ответы округлите до целого.

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

3) Рассчитайте, какую площадь в мм² займёт популяция из 1000 клеток линии HeLa через 24 ч, 1 нед., 1 мес. (4 нед.), зная, что их время удвоения составляет 16,2 ч, и допуская, что клетки имеют неограниченный запас питательных веществ и неограниченное пространство для деления. Ответ округлите до целых.

Для расчёта используйте формулу:

$$N_T = N_0 \times 2^{T/t_2}$$

где N_T – число клеток, выросших за время T ;

N_0 – исходное число клеток в популяции;

T – Продолжительность роста клеток, ч;

t_2 – время удвоения, ч.

4) Рассчитайте, сколько клеток линии HeLa потребуется, чтобы занять всю поверхность чашки Петри диаметром 35 мм.? За какое количество недель популяция из 1000 клеток займёт её? Ответ округлите до целого в большую сторону.

5)

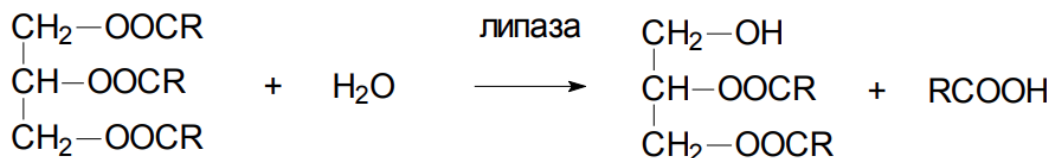
Вариант 2

Задача 1.

Гидролитический фермент липаза широко распространён в тканях животных и растений. Особенно много его содержится в поджелудочной железе, тканях мышц, семенах различных растений; также в значительных количествах его образуют плесневые грибы и некоторые бактерии. Липаза катализирует реакцию расщепления жиров на глицерин и жирные кислоты,

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

которая начинается обычно с отщепления остатка жирной кислоты в первом положении:



Полученные при этом жирные кислоты можно нейтрализовать щёлочью. По количеству щёлочи, пошедшей на титрование свободных жирных кислот, образующихся за определённый промежуток времени, судят об активности липазы. Активность фермента обычно определяют по скорости убыли субстрата или по скорости накопления продуктов реакции. За единицу активности фермента принят катал (кат), равный количеству фермента, которое катализирует превращение 1 моля субстрата за 1 с. Более широко употребляется международная единица активности ферментов. Активность в международных единицах соответствует количеству субстрата в микромолях, превращённого за 1 мин.: $1\text{E} = 1\text{ мкмоль/мин}$.

Для определения активности гидролитического фермента липазы, выделенного из *Candida lipolytica*, взяли 240 мл пастеризованного молока. На титрование образовавшихся в ходе гидролиза жирных кислот в 16 мл пробы, отобранной через 10 мин., было затрачено 0,2 мл 0,01 М раствора NaOH.

1) Определите активность фермента (мкмоль/мин), используя формулу:

$$A = \frac{n_{\text{п}} \times V_{\text{п}}}{V_{\text{а}} \times t}$$

A – активность фермента, мкмоль/мин;

$N_{\text{п}}$ – количество продукта, мкмоль;

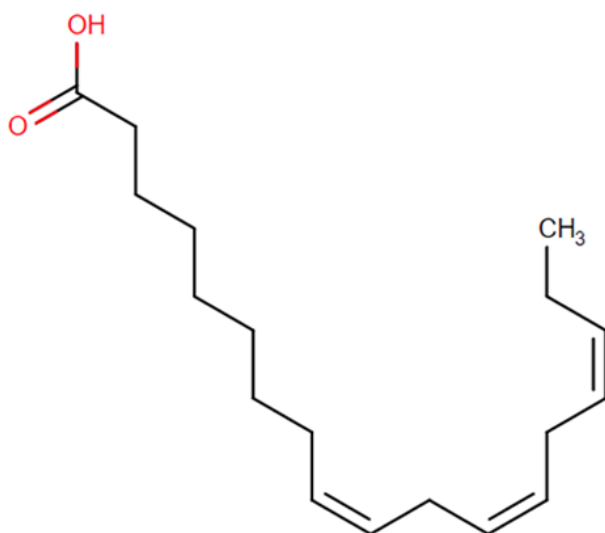
$V_{\text{п}}$ – объем субстрата, взятого на анализ, мл;

$V_{\text{а}}$ – объем реакционной смеси, взятой на титрование, мл;

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

t – время эксперимента, мин.

2) За какое время (мин.) данный фермент переработает 10 л линоленовой кислоты, если её плотность составляет 914 кг/м^3 , а структурная формула кислоты представлена на рисунке? Ответ дайте в виде целого числа.



Задача 2.

В 1999 году с использованием методов генной инженерии впервые были получены трансгенные флуоресцентные рыбки данио рерио (*Danio rerio*). Трансгенные данио отличаются от своей исходной формы окраской тела.

В их ДНК встроены фрагменты ДНК медузы (*Aequorea Victoria*) и красного коралла (*Discosoma*). Данио с фрагментом ДНК медузы (ген GFP) имеют зелёный цвет, с ДНК коралла (ген RFP) – красный, а рыбки, в генотипе которых присутствуют оба фрагмента – желтые. Благодаря наличию этих чужеродных белков рыбки ярко светятся в ультрафиолетовом свете.

Данные флуоресцентные рыбки вскоре стали популярными среди аквариумистов и были запатентованы как GloFish – «светящиеся рыбки». Помимо декоративных целей данные рыбки могут использоваться в генной

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

инженерии в качестве модели для анализа генетических механизмов заболеваний крови человека и разработки методов их терапии, а также для моделирования процессов канцерогенеза.

Данио рерио – неприхотливые рыбки семейства карповых, имеют вытянутое, торпедообразное тело ярко-розовой окраски со светлыми горизонтальными полосками от головы до хвостового плавника. Данио занимают преимущественно верхнюю треть аквариума. Они активны, шустры и интересны в поведении. Рекомендуется держать их стайкой от 7 рыбок. Объём аквариума для флуоресцентных данио может быть от 30 литров на стайку. Подходящие параметры воды для них: температура +20...+25 °С, жёсткость до 15 °dGH, pH 6 – 7.

Одной из научных групп, занимающихся моделированием процессов канцерогенеза, необходимо вырастить стаю рыбок данио рерио для своих экспериментов. Перед заселением рыбок в аквариум они проверили жёсткость воды с использованием набора, который показывает значение в миллионных долях (ppm). Значение жёсткости воды составило 452 ppm.

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

Нормы жёсткости в РФ: категория жёсткости воды	ppm (мг/л)
Мягкая вода	0 – 100
Вода средней жёсткости	100 – 500
Жёсткая вода	> 500

1) Определите, к какой категории жёсткости относится данная вода, учитывая, что 1°dGH равен 17,831 ppm. Подходит ли она для выращивания рыбок данио рерио? Ответ обоснуйте.

2) Если жёсткость воды не позволяет выращивать в ней рыбок предложите меры, которые позволят добиться оптимального значения жёсткости воды для выращивания рыбок данио рерио. В ответе предложите не менее двух методов, хотя бы один из них должен подразумевать проведение химической реакции (напишите полное уравнение этой реакции). Укажите как минимум одно достоинство и один недостаток для каждого метода.

3) Какой минимальный объём воды необходимо взять для содержания 50 особей (приведите расчёт)? Ответ округлите до целых. Подходят ли предложенные Вами методы для обработки такого объёма воды? Ответ обоснуйте.

Задача 3.

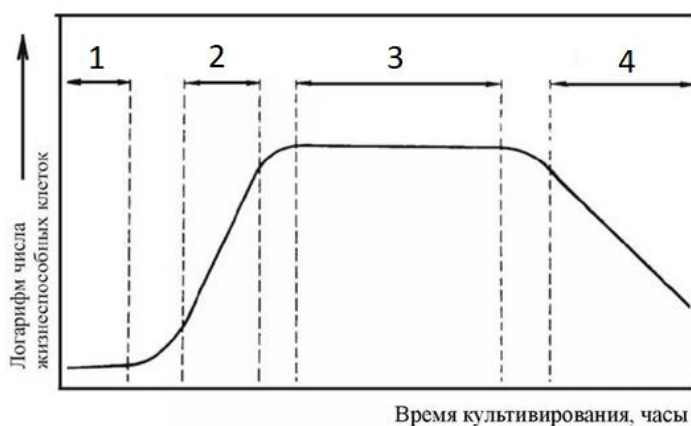
В 1951 году из раковой опухоли шейки матки пациентки по имени Генриетта Лакс была получена линия клеток HeLa. Чем удивительны эти клетки? Обычно число деления соматических клеток ограничено пределом Хейфлика: каждый раз при делении клетки происходит сокращение размера теломер (участков ДНК на концах хромосом), поэтому примерно после 50

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

делений клетка «умирает». Но только не клетки HeLa. Они не имеют предела деления и фактически являются «бессмертными».

Как и многие другие раковые клетки, HeLa продуцирует фермент теломеразу, который наращивает теломеры, но делает это с очень высокой скоростью. Стало понятно, что появилась «вечная» клеточная линия, которая адекватно имитирует сущность человеческого организма. А использование однородной клеточной линии в различных экспериментах позволило считать их достоверными и воспроизводимыми в других лабораториях. Клетки HeLa используются для исследования рака, СПИДа, воздействия радиации и в других опытах. А ещё именно благодаря HeLa удалось создать эффективную вакцину от полиомиелита.

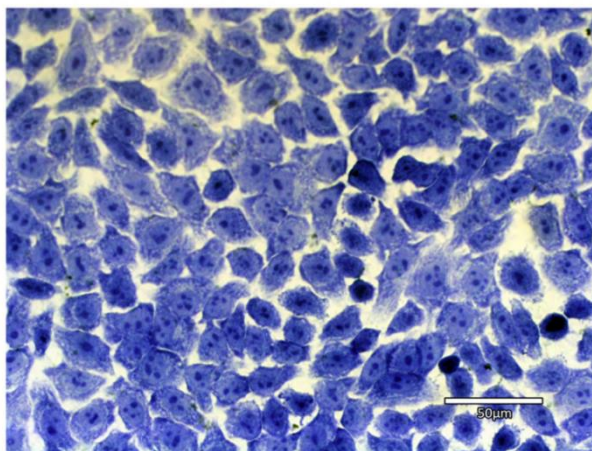
1) На рисунке представлена типичная кривая деления обычных соматических клеток. Нарисуйте, как примерно будет выглядеть кривая роста



клеток HeLa в тех же координатах (зависимость логарифма числа жизнеспособных клеток от времени культивирования, часы). Какая будет наблюдаться зависимость количества клеток от времени? Ответ объясните.

2) На рисунке представлена микрофотография клеток линии HeLa.

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



Определите средний размер одной клетки в мкм на основании трёх измерений, считая, что клетка условно круглая. Определите плотность клеток в поле зрения по картинке (число клеток/мм²). Ответы округлите до целого.

3) Рассчитайте, какую площадь в мм² займёт популяция из 1000 клеток линии HeLa через 24 ч, 1 нед., 1 мес. (4 нед.), зная, что их время удвоения составляет 16,2 ч, и допуская, что клетки имеют неограниченный запас питательных веществ и неограниченное пространство для деления. Ответ округлите до целых.

Для расчёта используйте формулу:

$$N_T = N_0 \times 2^{T/t_2},$$

где N_T – число клеток, выросших за время T ;

N_0 – исходное число клеток в популяции;

T – продолжительность роста клеток, ч;

t_2 – время удвоения, ч.

4) Рассчитайте, сколько клеток линии HeLa потребуется, чтобы занять всю поверхность чашки Петри диаметром 52 мм. За какое количество недель популяция из 1000 клеток займёт её? Ответ округлите до целого в большую сторону.