

Задания
практического тура регионального этапа
XXXVIII Всероссийской олимпиады школьников по биологии
2021-22 уч. год. 11 класс

БИОХИМИЯ (максимум 50 баллов)

ИЗУЧЕНИЕ ГЛИКОГЕНОЛИЗА В ГОМОГЕНАТЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ
Сначала внимательно прочтите все задание!

При изучении процесса гликогенолиза в скелетной мускулатуре исследователи измерили содержание гликогена в белых (гликолитических) скелетных мышцах задних конечностей кролика. Оно составило **2,025%** от сырого веса мышц. После этого они взяли **20 г** измельченных на мясорубке скелетных мышц, довели объем до **100 мл** дистиллированной водой, прогомогенизировали и отобрали аликвоты для измерения содержания в гомогенате глюкозы и измерения рН. Значение рН гомогената было близко к нейтральному. После этого гомогенат проинкубировали в анаэробных условиях при **37°C** в течение 30 минут. После инкубации из гомогената отобрали аликвоты для измерения содержания глюкозы и измерения рН. Было установлено, что рН гомогената значительно понизился.

Задание 1. Для измерения содержания свободной глюкозы в гомогенате до и после инкубации была проведена реакция с динитросалициловой кислотой. К 0,5 мл пробы приливали 2 мл раствора динитросалициловой кислоты, инкубировали на кипящей бане 5 минут, охлаждали и измеряли оптическую плотность при длине волны 490 нм. Калибровочный график строили, используя **стандартный раствор глюкозы с концентрацией 1 мг/мл**. Состав проб и результаты измерения оптической плотности приведены в **Таблице №1** ниже:

№	Объем стандартного раствора глюкозы, мл	Объем внесенного гомогената до инкубации, мл	Объем внесенного гомогената после инкубации, мл	Объем добавленной воды, мл	Оптическая плотность при 490 нм	Содержание глюкозы в пробе, мг	Концентрация глюкозы в гомогенате, мг/мл
1	0	-			0,000		
2	0,1	-			0,119		
3	0,2	-			0,241		
4	0,3	-			0,362		
5	0,4	-			0,478		
6	0,5	-			0,600		
7	-	0,5			0,528		До инкубации
8	-	0,5			0,540		
9	-	0,5			0,552		
10			0,5		0,444		После инкубации
11			0,5		0,420		
12			0,5		0,432		

Заполните в **Таблице №1** в **Листе ответов** все пустые клетки. По представленным значениям оптической плотности постройте в **Листе ответов** график зависимости оптической плотности от содержания глюкозы в пробе и найдите по нему содержание глюкозы в пробах и концентрацию глюкозы в гомогенате (в мг/мл) до и после инкубации (**результаты округлите до второго знака после запятой**). Определите содержание свободной глюкозы в гомогенате до и после инкубации (в ммольях). Молекулярная масса глюкозы равна 180.

Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената **до инкубации** _____ ммоль.
 Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената **после инкубации** _____ ммоль.
 В этих условиях глюкоза расщепляется до _____ кислоты.
 Из одной молекулы глюкозы образуется _____ молекул(а,ы) этой кислоты.

Задание 2. Для измерения концентрации образовавшейся кислоты отобрали по 1 мл гомогената в чистые пустые колбы и оттитровали их **5 мМ** раствором NaOH. В Таблице записано, сколько миллилитров раствора NaOH ушло на титрование. Исходя из объема щелочи, затраченной на титрование (среднее для пяти проб, **с точностью до 1 знака после запятой**), рассчитайте **концентрацию кислоты** в гомогенате. Результаты занесите в **Таблицу 2** в Листе ответов (результат округлите до целого числа).

Таблица №2

Объем гомогената	Объем раствора NaOH, мл	Среднее значение, мл	Концентрация кислоты в гомогенате после инкубации, мМ
1 мл	5,75		
1 мл	6,12		
1 мл	6,20		
1 мл	5,93		
1 мл	6,15		

Рассчитайте, сколько **всего глюкозы** (в ммольях) превратилось в кислоту в процессе инкубации гомогената - _____ ммоль.

Рассчитайте, сколько кислоты (в ммольях) образовалось из свободной глюкозы и сколько из гликогена в процессе инкубации гомогената.

Из свободной глюкозы _____ ммоль.

Из гликогена _____ ммоль.

Исходя из полученных Вами результатов рассчитайте, **сколько гликогена (в %)** было израсходовано в гликолизе в процессе инкубации гомогената (**результат округлите до целого числа**).

Наиболее вероятной причиной, по которой **НЕ весь гликоген** был расщеплен, является _____.

Задание 3. Известно, что удельная активность гликогенфосфорилазы (фермента, который катализирует реакцию фосфорилиза гликогена) в белых скелетных мышцах кролика составляет **60 мкмоль/мин на 1 мг белка фосфорилазы** при 37°C. Рассчитайте число оборотов этого фермента. (**Числом оборотов фермента** называется **число молекул субстрата**, претерпевающих превращение в единицу времени в расчете на одну молекулу фермента в условиях, когда концентрация фермента является единственным фактором, лимитирующим скорость реакции.) Считайте, что **молекулярная масса** фосфорилазы равна **100 кДа**.

Число оборотов фосфорилазы составляет _____ **мин⁻¹**.

Продуктом реакции, катализируемой фосфорилазой, **является** (поставьте знак « + »):

Свободная глюкоза	Глюкозо-1-фосфат	Глюкозо-6-фосфат

Исходя из удельной активности фермента, рассчитайте, **сколько фосфорилазы (в мг)** было в полученном гомогенате (**результат округлите до двух знаков после запятой**).

Считая, что содержание белка в белых скелетных мышцах кролика составляет 20% от сырого веса, рассчитайте, **сколько процентов** от общего белка в полученном гомогенате приходится на долю фосфорилазы (**результат округлите до двух знаков после запятой**).

Все ответы из Задания перенесите в ЛИСТ ОТВЕТОВ.

Ответы без расчетов не оцениваются!!! Для расчетов используйте специальное место в ЛИСТЕ ОТВЕТОВ! Расчеты в задании не оцениваются!

Закончив работу, листы Задания и ЛИСТ ОТВЕТОВ сдайте преподавателю, который примет Вашу работу.

ПРОВЕРЯЕТСЯ ТОЛЬКО ЛИСТ ОТВЕТОВ!

ЧЕРНОВИКИ НЕ ОЦЕНИВАЮТСЯ!!!

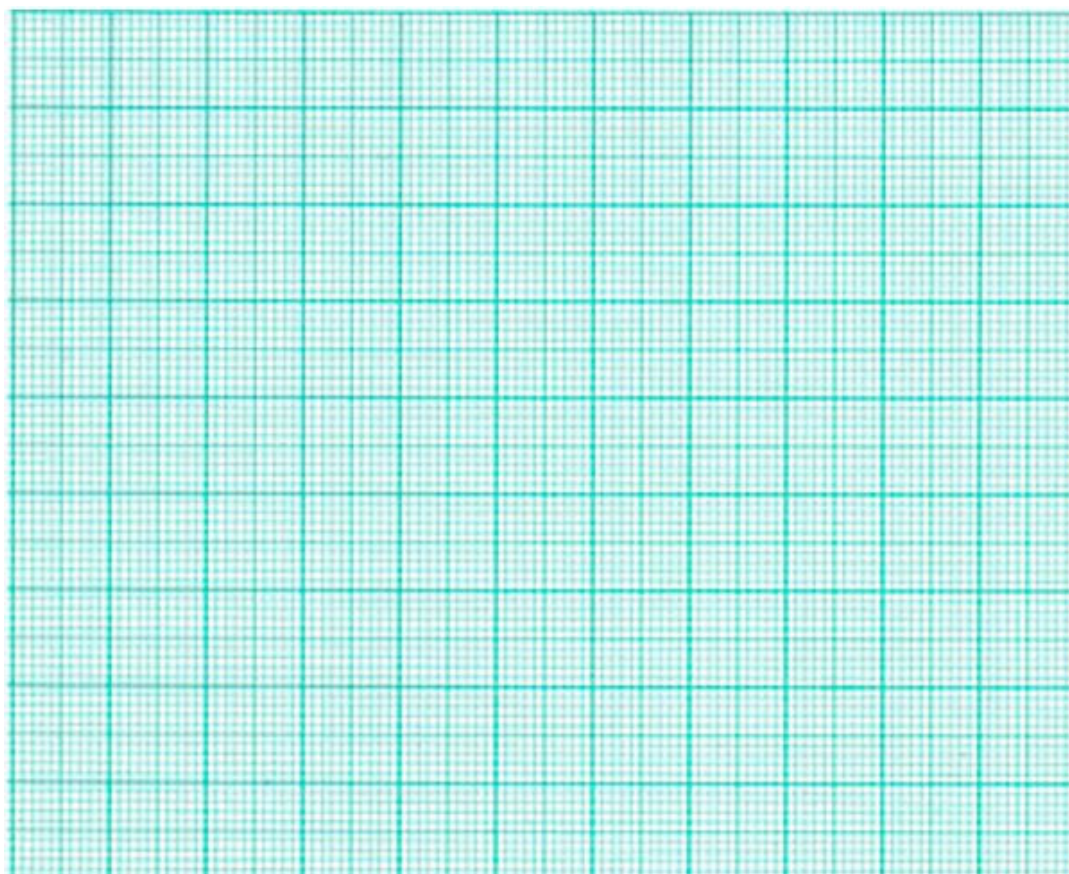
ЛИСТ ОТВЕТОВ
11 класс, БИОХИМИЯ

Задание 1. (20 баллов).

Таблица №1 (8 баллов)

№	Объем стандартного раствора глюкозы, мл	Объем внесенного гомогената до инкубации, мл	Объем внесенного гомогената после инкубации, мл	Объем добавленной воды, мл	Оптическая плотность при 490 нм	Содержание глюкозы в пробе, мг	Концентрация глюкозы в гомогенате, мг/мл
1	0	-			0,000		
2	0,1	-			0,119		
3	0,2	-			0,241		
4	0,3	-			0,362		
5	0,4	-			0,478		
6	0,5	-			0,600		
7	-	0,5			0,528		До инкубации
8	-	0,5			0,540		
9	-	0,5			0,552		
10			0,5		0,444		После инкубации
11			0,5		0,420		
12			0,5		0,432		

Калибровочный график (6 баллов)



Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената до инкубации _____ ммоль (2 балла).

Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената после инкубации _____ ммоль (2 балла).

В этих условиях глюкоза расщепляется до _____ кислоты. (1 балл).

Из одной молекулы глюкозы образуется _____ молекул(а,ы) этой кислоты (1 балл).

Задание 2 (15 баллов).

Таблица №2 (3 балла)

Объем гомогената	Объем раствора NaOH, мл	Среднее значение, мл	Концентрация кислоты в гомогенате после инкубации, мМ
1 мл	5,75		
1 мл	6,12		
1 мл	6,20		
1 мл	5,93		
1 мл	6,15		

В процессе инкубации гомогената в кислоту превратилось _____ ммоль глюкозы (2 балла).

Рассчитайте, сколько кислоты (в ммоль) образовалось из свободной глюкозы и сколько из гликогена в процессе инкубации гомогената.

Из свободной глюкозы _____ ммоль кислоты (2 балла).

Из гликогена _____ ммоль кислоты (2 балла).

В процессе инкубации гомогената в гликолизе было израсходовано _____ % имевшегося в мышцах гликогена (4 балла).

Наиболее вероятной причиной, по которой НЕ весь гликоген был расщеплен, является _____ (2 балла).

Задание 3 (15 баллов).

Число оборотов фосфоорилазы составляет _____ мин⁻¹ (5 баллов).

Продуктом реакции, катализируемой фосфоорилазой, является (поставьте знак « + ») (2 балла):

Свободная глюкоза	Глюкозо-1-фосфат	Глюкозо-6-фосфат

В полученном гомогенате было _____ мг фосфоорилазы (5 баллов).

На долю фосфоорилазы в полученном гомогенате приходится _____ % от общего белка (3 балла).

РАСЧЕТЫ

Задание 1

Задание 2

Задание 3

Задания
практического тура регионального этапа
XXXVIII Всероссийской олимпиады школьников по биологии
2021-22 уч. год. 11 класс

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ (максимум 50 баллов)

I. Тонкослойная хроматография.

1. Вы исследуете пигментов водных фототрофов беломорских лагун. Пробы воды, с которыми Вы начали работать, содержат как эу-, так и прокариотические фототрофные организмы. Для изучения общего пигментного состава Вы провели тонкослойную хроматографию на силуфоле (это алюминиевые пластинки, покрытые силикагелем – сорбентом на основе кремниевых кислот). Для этого сначала Вы получили концентрированный ацетоновый экстракт пигментов из проб воды, нанесли его на хроматограмму в виде одной линии и аккуратно поместили пластинку в подвижную фазу, содержащую гексан и ацетон в соотношении 3:1. Хроматографическую камеру накрыли крышкой и оставили на 10 минут, пока линия фронта не достигла 3 см до края пластинки. Получили следующий результат (см. рисунок 1).

2. Внимательно рассмотрите хроматограмму и формулы на рисунке 2.

А) В таблице 1 в бланке ответов указаны цвета пятен. Соотнесите номера пятен и формулы пигментов. Ответы занесите в таблицу 1.

Б) Определите R_f для каждого из пигментов на хроматограмме. Результаты внесите в таблицу 1.

В) В приложении 1 приведены значения R_f для разных каротиноидов. Выберите из списка веществ то, которое, согласно R_f , может соответствовать пятну красного цвета (№2) на хроматограмме. Ответ впишите в таблицу 1 в бланке ответов.

Г) Соотнесите остальные пятна на хроматограмме со следующими названиями: **I.** Бактериохлорофилл *a*, **II.** β -каротин, **III.** Бактериофеофитин *a*. Ответы занесите в таблицу 1.

3. Выберите верные утверждения:

1) Чем больше доля атомов кислорода в молекуле пигмента, тем выше сродство данного пигмента к подвижной фазе в этом эксперименте.

2) Для успешного разделения смеси веществ при помощи тонкослойной хроматографии необходимо подбирать подвижную и неподвижную фазы с одинаковой полярностью.

3) Появление бактериофеофитина на тонкослойной хроматограмме можно объяснить как его присутствием в исследуемых организмах, так и нарушениями методики экстракции пигментов.

4) Все каротиноиды находятся исключительно в составе мембран пластид.

Приложение 1.

Значение R_f	Название вещества
0,24	Лютеин
0,35	Зеаксантин
0,48	Кантаксантин
0,78	Спириллоксантин
0,87	Окенон

4. Объясните, почему оранжевое пятно оказалось ближе всего к линии фронта. Как это связано с химическим строением соответствующего пигмента? Дайте подробный ответ.

Рисунок 1.

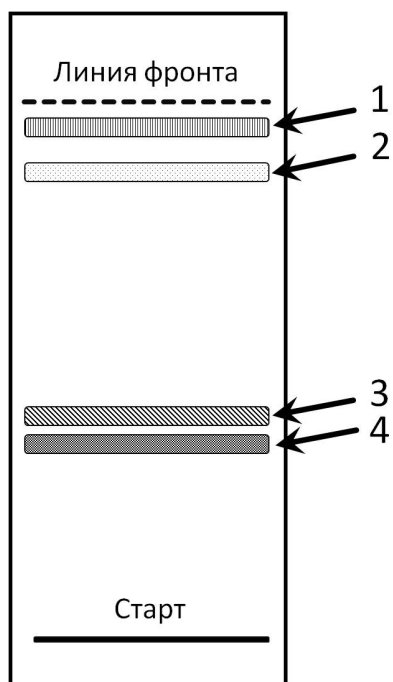
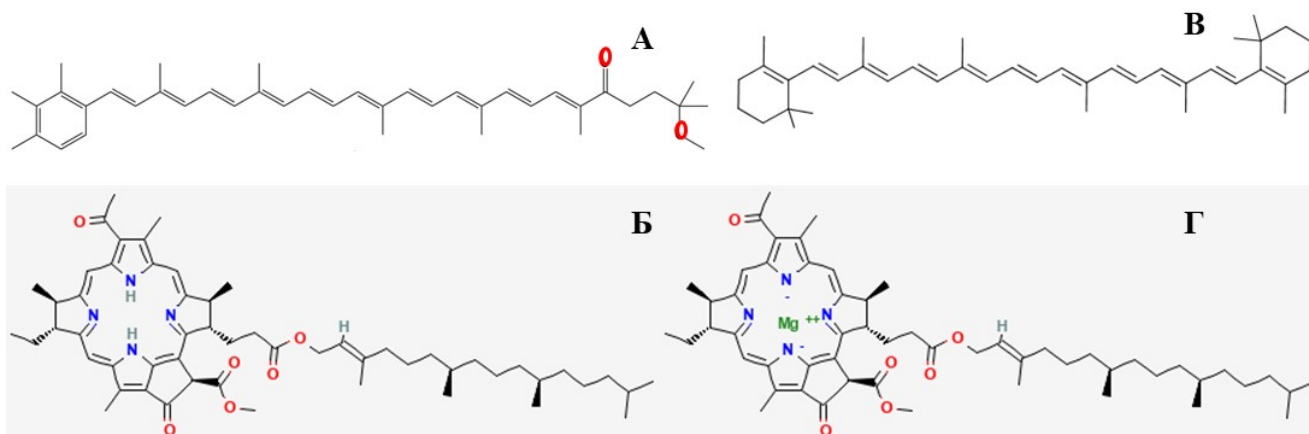


Рисунок 2.



II. Анализ численности криптофитовых водорослей в лагунах Белого моря

Исследуемые водоемы обладают уникальной особенностью: вода на разных глубинах имеет разную соленость, плотность и, следовательно, не перемешивается. На большой глубине при этом возникает анаэробная зона, над ней находятся аэробные слои. На границе аэробной и анаэробной зон формируется сообщество, в котором преобладает один вид криптофитовых водорослей. Для того чтобы точнее охарактеризовать данное сообщество, Вы решили регулярно оценивать численность криптофитовых водорослей на заданной глубине. Но каждый раз использовать для этого специальные приборы или счётные камеры слишком трудоемко. Поэтому Вы решили выявить зависимость концентрации клеток от общего содержания хлорофилла *a* в пробе. Использование такого метода оправдано, поскольку содержание хлорофилла *a* на клетку у данного вида криптофит достаточно стабильно и практически не зависит от времени суток и месяца лета. Вам необходимо построить калибровочную кривую, в которой будет показана зависимость концентрации клеток в известном Вам объёме пробы (1 миллилитр) от концентрации хлорофилла *a* в этом же заданном объёме.

1. **Подсчёт клеток в камере Нажотта.** Стандартные камеры Нажотта представляют собой пластину из толстого стекла с углублением, на дне которого выгравирована счётная сетка. В

углубление наносят слой жидкости из пробы и накрывают специальным стеклом, притирая его к поверхности камеры. Толщина слоя жидкости по всей поверхности равна 0,5 мм, камера имеет форму квадрата со стороной 1 см.

А) Определите объём камеры, ответ запишите в см^3 и в мл. Результаты занесите в бланк ответов.

Б) В таблице 2 в бланке ответов приведены значения подсчёта клеток при помощи камеры Нажотта. Определите концентрацию клеток на 1 миллилитр пробы, результаты запишите во второй столбец таблицы 2.

2. Построение калибровочного графика

Из фототрофных организмов, содержащихся в пробах воды, экстрагировали ацетоном хлорофилл *a*. В третьем столбце таблицы 2 Вам даны значения концентрации хлорофилла *a* в 1 миллилитре пробы воды. На миллиметровой бумаге в **Листе ответов** постройте график зависимости количества клеток на миллилитр пробы (ось ординат) от концентрации хлорофилла *a* в 1 миллилитре пробы (ось абсцисс).

III. Оценка численности криптофитовых водорослей в зависимости от времени суток.

1. Для исследования численности криптофитовых водорослей в разное время суток в верхней части слоя воды, населенного ими, измеряли концентрацию хлорофилла *a* в пробах воды (данные приведены в таблице 3). По калибровочному графику определите количество клеток в 1 мл пробы в полдень и в полночь. Результаты занесите в таблицу 3.

2. Снижение количества криптофит в полдень в верхней части слоя воды, населенного ими, предположительно связано с чувствительностью фотосинтетического аппарата к интенсивному освещению. К каким последствиям может привести длительное освещение хлоропластов эукариот светом высокой интенсивности? Выберите верные утверждения.

- 1) При длительном сильном освещении скорость электронного транспорта в ЭТЦ повышается, в связи с чем не хватает НАДФН.
- 2) При длительном сильном освещении скорость электронного транспорта в ЭТЦ фотосинтеза падает. В связи с этим электроны могут попадать на кислород с образованием активных форм кислорода.
- 3) При длительном сильном освещении электронный транспорт ускоряется из-за падения рН люмена тилакоидов. В связи с этим электроны чаще попадают на кислород с образованием активных форм кислорода.
- 4) При длительном сильном освещении одной из причин падения скорости электронного транспорта является повышение концентрации ионов водорода в люмене тилакоидов.
- 5) При длительном сильном освещении может активироваться псевдоциклический транспорт электронов (реакция Мелера), в ходе которого образуются активные формы кислорода. Конечным продуктом реакции Мелера является вода.

IV. Теоретические вопросы

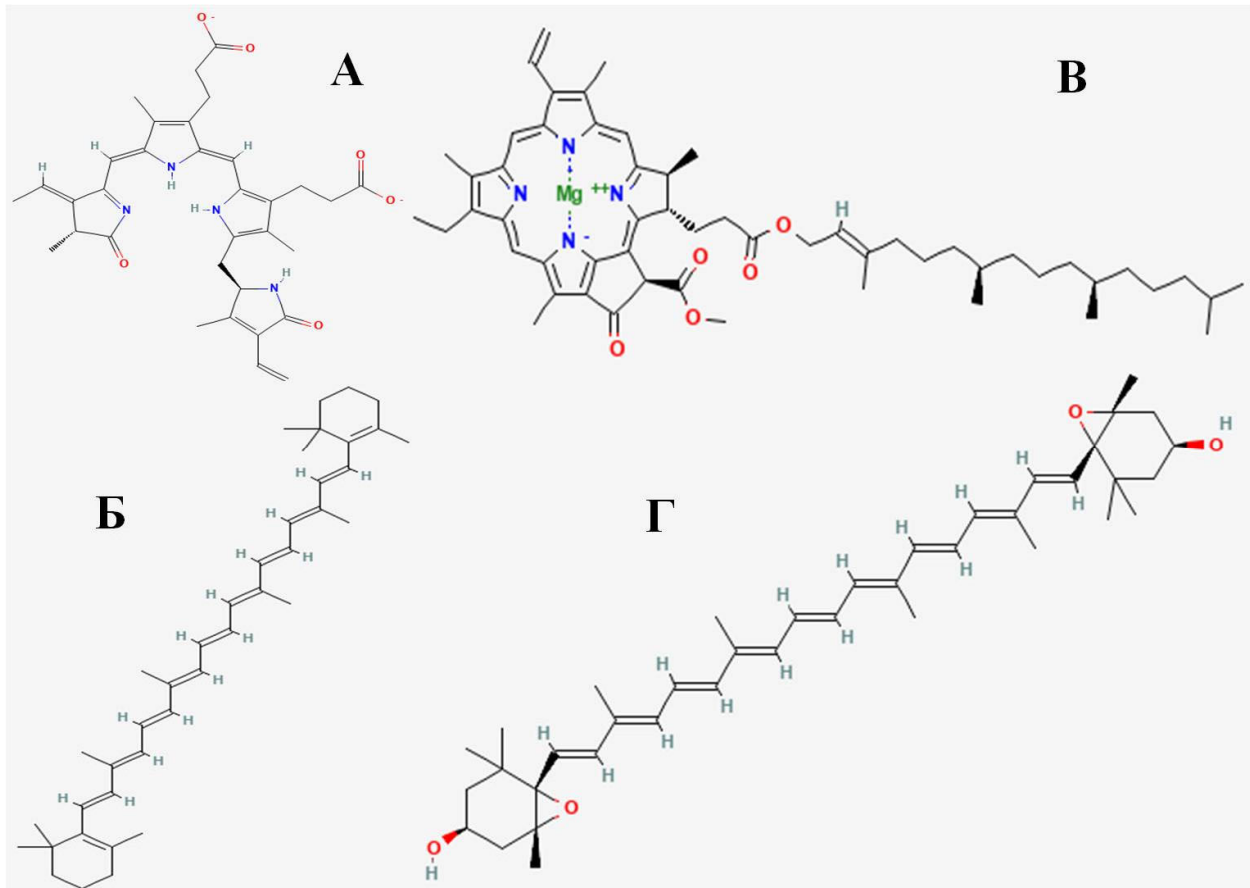
1. Водные фототрофы имеют различные фотосинтетические пигменты: одни являются пигментами реакционных центров, другие входят в состав антенн. Рассортируйте пигменты из приведенного ниже списка на 2 категории: пигменты антенн и пигменты, находящиеся на белках фотосистем (не антенных!). Некоторые пигменты могут оказаться в обеих категориях.

Список пигментов: 1) Хлорофилл *a*, 2) хлорофилл *b*, 3) хлорофилл *c*, 4) фикоцианин, 5) фикоэритрин, 6) аллофикоцианин, 7) феофитин *a*, 8) лютеин, 9) виолаксантин. Номера пигментов через запятую занесите в таблицу 4.

2. В условиях сильного освещения для защиты фотосинтетического аппарата включаются различные механизмы. Известно, что некоторые пигменты при этом способны превращаться в

другие для лучшей защиты от избыточного освещения, при этом количество атомов кислорода в них снижается. Не так давно было показано, что молекулы пигмента, который должен претерпеть превращение, временно отсоединяются от белков и переходят во фракцию липидов, где встречаются с ферментом, катализирующим соответствующую реакцию. На рисунке 3 найдите формулу этого пигмента. Подробно объясните свой выбор.

Рисунок 3



Задания
практического тура регионального этапа
XXXVIII Всероссийской олимпиады школьников по биологии.
2021-2022 уч. год. 11 класс

ГЕНЕТИКА И БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ (максимум 50 баллов)

Пренатальная диагностика имеет огромное значение для профилактики наследственных заболеваний. Ответьте на вопросы, связанные с внутриутробным развитием человека и пренатальной диагностикой.

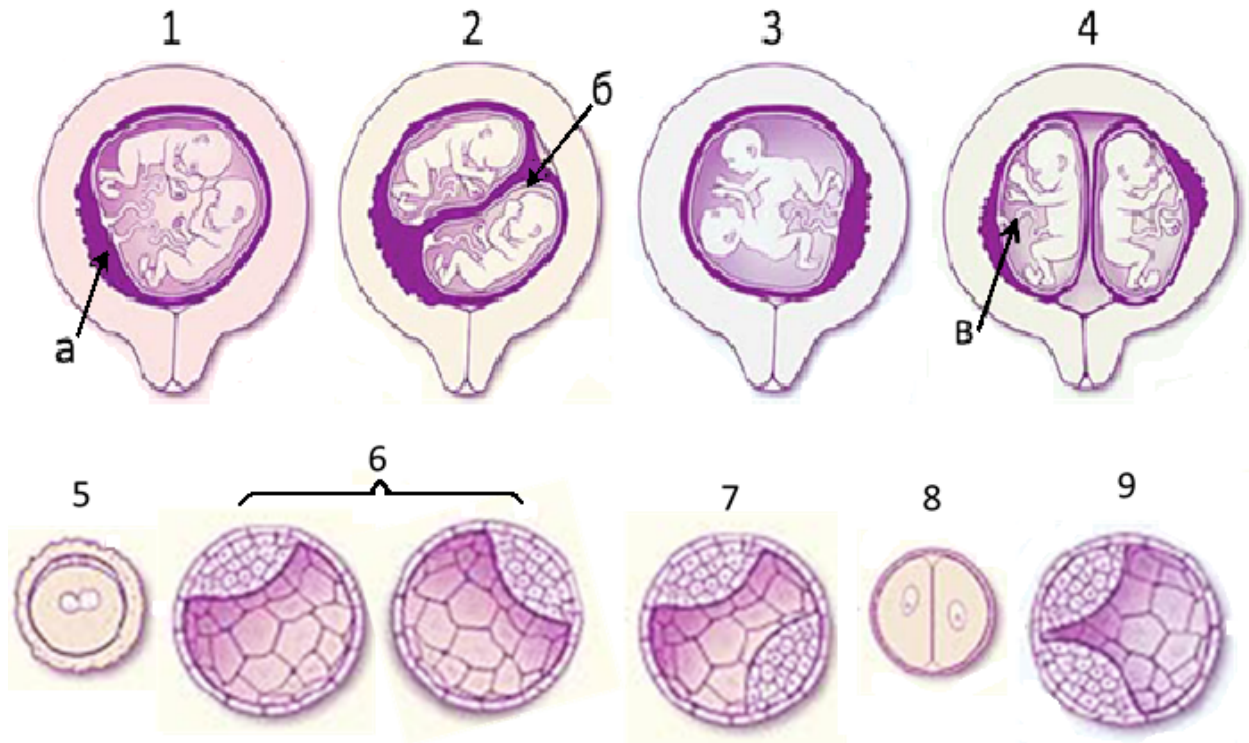
Задание 1. [10 баллов] Для проведения генетической диагностики с целью исключения патологий беременности существуют различные способы забора материала: амниоцентез, кордоцентез, биопсия ворсин хориона. Перед Вами снимок УЗИ беременной женщины, отметьте на аналогичном рисунке в Листе ответов буквами и стрелками участки, откуда следует получать материал при: А - амниоцентезе (отборе клеток из амниотической полости), Б - кордоцентезе (отборе пуповинной крови) и В - биопсии хориона.



С целью диагностики некоторых заболеваний сначала анализируют генетический материал родителей, и только после этого при необходимости – генетический материал плода. Отметьте на Листе ответов, для точной диагностики каких заболеваний ребенка используется генетический анализ клеток самого плода без анализа родителей (П), используется первичный генетический анализ родителей и при необходимости анализ плода (Р), или же анализ нужен не генетический (Н).

Задание 2. [20 баллов] При беременности возможно образование монозиготных или дизиготных близнецов. Рассмотрите на рисунке, приведенном ниже, различные стадии развития близнецов. Охарактеризуйте плоды 1 – 4 в зависимости от особенностей организации их оболочек, укажите тип близнецов, подпишите указанные стрелками на

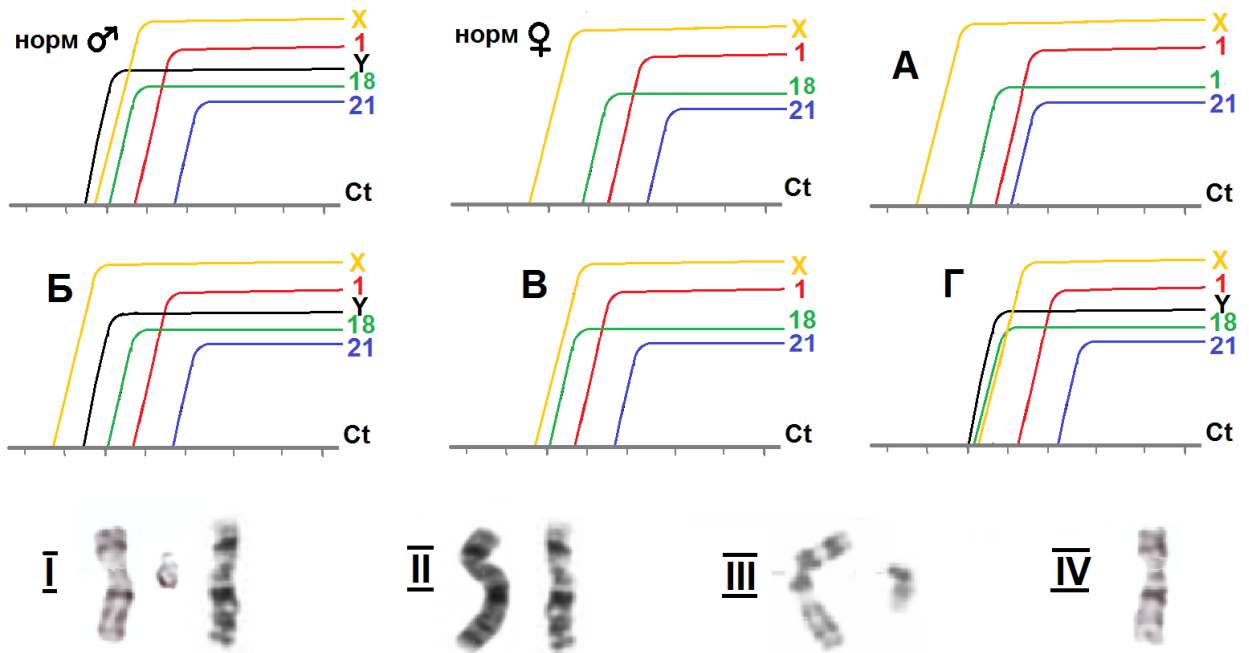
рисунках структуры, перечислите зародышевые листки, которые принимают участие в формировании указанных структур. Перечислите в правильном порядке последовательность стадий развития (5-9) для каждого варианта близнецов, укажите общие для двух близнецов структуры, рассчитайте коэффициент генетического родства (долю общих аллелей, указывается в виде доли единицы) между близнецами.



Для ответа на Листе ответов используйте следующие коды: МЗБ – монозиготные близнецы, ДЗБ – дизиготные близнецы, СБ – сиамские близнецы, если возможны два разных варианта, укажите их через знак «/»; Ал – аллантаоис, Ам – амнион, ЖМ – желточный мешок, Пу – пуповина, Хо – хорион, если все перечисленные структуры у близнецов раздельные, напишите код ВР (все раздельное); ВКМ – внутренняя клеточная масса, ВЛВМ – висцеральный листок внезародышевой мезодермы, ПЛВМ – париетальный листок внезародышевой мезодермы, ВЭК – внезародышевая эктодерма, ВЭН – внезародышевая энтодерма.

Задание 3. [12 баллов] Анеуплоидии (нарушения числа хромосом) традиционно принято определять, напрямую идентифицируя хромосомы в метафазных пластинках делящихся клеток, однако методом полимеразной цепной реакции в реальном времени анеуплоидии стало можно определять в любых клетках в любой фазе клеточного цикла. Идея этого метода состоит в том, что для нескольких хромосом выбирают уникальные локусы, встречающиеся только на этой хромосоме и только один раз. Затем из биологического образца выделяют ДНК и для каждого локуса проводят наработку фрагментов ДНК методом ПЦР в реальном времени, получают кривую амплификации (график количества определенного фрагмента ДНК в зависимости от номера цикла ПЦР), находят C_t - координату точки пересечения кривой амплификации с прямой порогового уровня. Далее сравнивают значения C_t для разных локусов разных хромосом и приходят к выводу, нормальный или анеуплоидный хромосомный набор у анализируемого человека. У разных локусов значения C_t разные, так как эффективность амплификации для разных

локусов немного различается. Для простоты считайте эффективность амплификации в цикле ПЦР для всех локусов примерно равной двум. Ниже на рисунке показаны кривые амплификаций для 6 образцов ДНК: нормальные мужской и женский кариотипы и 4 анеуплоидных кариотипа А – Г, а также наборы половых хромосом I-IV, соответствующие анеуплоидиям А - Г. Соотнесите на Листе ответов образцы А – Г с анеуплоидными кариотипами, наборами половых хромосом I-IV и названиями соответствующих заболеваний, запишите кариотипы и заболевания. При записи кариотипа сначала указывается общее число хромосом, потом половые хромосомы, в случае трисомии в конце записи ставится знак плюс и указывается номер лишней хромосомы, например, у девочки с синдромом Эдвардса кариотип «47, XX, +18».



Задание 4. [8 баллов] Большая часть анеуплоидных эмбрионов погибает вскоре после оплодотворения, однако некоторые из них могут доживать до рождения. Рассчитайте среднюю вероятность дожить до рождения эмбриона с трисомией по 21 хромосоме, если примерно 20% зарегистрированных беременностей по разным причинам заканчиваются гибелью плода, в 60% таких случаев находятся нарушения числа хромосом, а 2% нарушений представляют собой трисомию 21, при этом частота трисомии 21 на момент рождения равна 1 трисомик на 600 младенцев. Укажите вероятность плода с трисомией 21 дожить до рождения, выразите ее в процентах, округлив до целых, приведите Ваш расчет вероятности с краткими пояснениями.

Итого баллов: _____

Шифр _____

ЛИСТ ОТВЕТОВ

ГЕНЕТИКА И БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ. 11 класс

Задание 1 В сумме 10 баллов, по 1 баллу за клетку таблицы и стрелку на рисунке УЗИ.



Заболевание	Ген. анализ
синдром Дауна	
Муковисцидоз	
Краснуха	
синдром Клайнфельтера	
Галактоземия	
гепатит В	
синдром Шерешевского-Тернера	

Задание 2 В сумме 20 баллов, по 1 баллу за каждую клетку таблицы и коэффициент

Близнецы	Тип	Общие структуры близнецов	Стадии развития
1			
2			
3			
4			
Стрелками указаны	А	Б	В
Название структуры			
Из чего она состоит			

Коэффициент родства: для МЗБ _____, для ДЗБ _____

Задание 3. В сумме 12 баллов, по 1 баллу за клетку таблицы

	А	Б	В	Г
Кривая амплификации				
Кариотип				
Половые хромосомы				
Заболевание				

Задание 4. 8 баллов за расчет.