

## Всесибирская олимпиада по биологии 2022–2023.

Первый этап. 16 октября 2022.

**11 класс**

Время выполнения задания – 4 часа.

### 1. Разделяй хромосомы и властвуй (20 баллов)

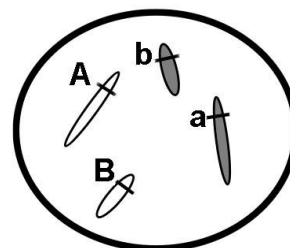
Некоторое гипотетическое растение отдела Мохообразные (*Bryophyta*) имеет две пары хромосом ( $2n = 4$ ). На рисунке изображена диплоидная клетка этого растения, гетерозиготная по двум генам: А и В.

Известно, что данное растение проходит через нормальный цикл развития, характерный для отдела Мохообразные.

**Вопрос 1.** Определите ploидность ( $1n$  или  $2n$ ) следующих структур растения: коробочка, протонема, спора, архегоний, гаметы.

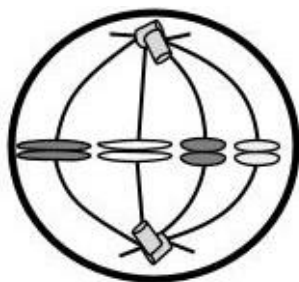
**Вопрос 2.** В результате какого типа деления образуются гаметы у этого растения?

**Вопрос 3.** Ниже представлены некоторые стадии клеточных делений, в которые могут вступать диплоидные клетки этого растения.



А. Подпишите название типа деления и его фазу к каждому рисунку.

Б. Обозначьте на каждом рисунке, где в хромосомах находятся аллели генов А и В (считайте, что кроссинговер в этой клетке не происходил).

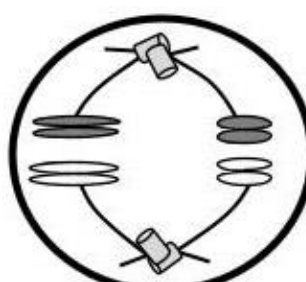


Тип деления:

\_\_\_\_\_

Название фазы:

\_\_\_\_\_

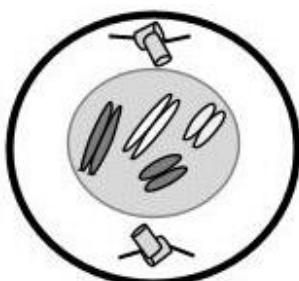


Тип деления:

\_\_\_\_\_

Название фазы:

\_\_\_\_\_

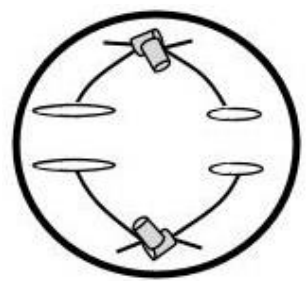


Тип деления:

\_\_\_\_\_

Название фазы:

\_\_\_\_\_



Тип деления:

\_\_\_\_\_

Название фазы:

\_\_\_\_\_

### 2. «Глаза – зеркало души» (14 баллов)

- *Мадемуазель, если бы вы изучали законы наследственности, вам было бы известно, что в семье, где у обоих родителей голубые глаза, не бывает темноглазых детей.*

*Агата Кристи. «Убийство на Рождество»*

В реальности такое событие (рождение темноглазого ребенка у голубоглазых родителей) может случиться. За коричневый цвет глаз отвечает ген *OCA2*, который является транспортером L-тирозина (предшественник в биосинтезе меланина) в меланосому. Мутации в нем приводят к формированию светлой радужки. Вторым важным генетическим локусом, наиболее ощутимо влияющим на цвет глаз, связан с геном *HERC2*, который расположен рядом с геном *OCA2*. В нем располагается подавляющий регуляторный элемент (сайленсер) гена *OCA2*. Поэтому из-за различий в локусе *HERC2* интенсивность переноса тирозина и как следствие — пигментация глаз — может отличаться у разных индивидов, даже если они обладают идентичным генотипом по гену *OCA2*. Доминантный аллель локуса *HERC2* уменьшает подавляющую силу сайленсера по отношению к гену *OCA2*, поэтому обладающие им индивиды обладают темными оттенками глаз.

**Вопрос 1.** Введите обозначения аллелей генов *HERC2* и *OCA2*. Напишите возможные генотипы темноглазых и голубоглазых людей.

**Вопрос 2.** Напишите, в каком случае у голубоглазых родителей родится ребенок с карими глазами с максимальной вероятностью. Приведите схему скрещивания. Какова вероятность рождения кареглазого ребенка в таком случае?

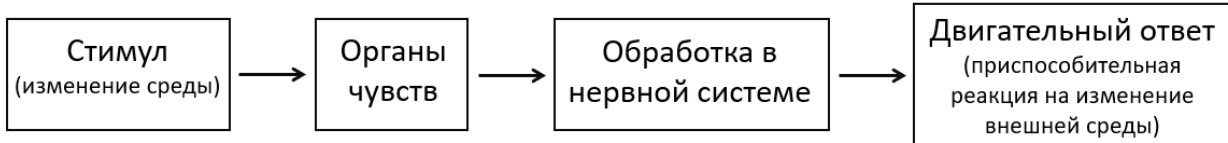
**Вопрос 3.** Кареглазый сын, родившийся у голубоглазых родителей (из вопроса 2) вырос и находит себе голубоглазую невесту, которая является рецессивной дигомозиготой. Напишите какие дети и с какой вероятностью могут родиться у этой пары?

**Вопрос 4.** Как называется такой тип взаимодействия генов?

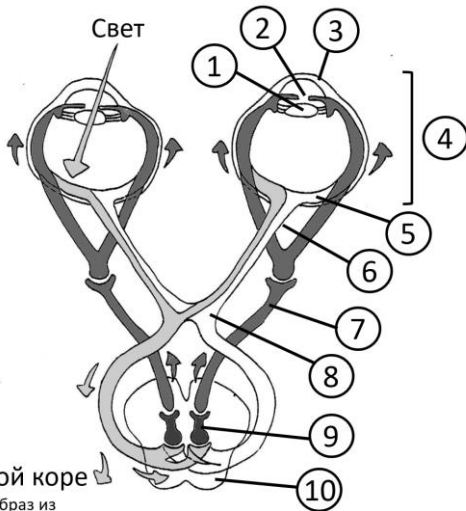
**Вопрос 5.** В финской популяции частота встречаемости рецессивных аллелей по генам *OCA2* и *HERC2* – 0,9. Какова вероятность встречи родителей из вопроса 2 среди финнов.

### 3. Зрачковый рефлекс (29 баллов)

К одной из функций нервной системы относят адаптацию организма к изменяющимся условиям. Приспособление организма происходит по следующей схеме:



Читая это предложение, вы задействуете чувствительные пути зрительного нерва, затем обрабатываете поступившие сигналы, после чего формируете адаптивный двигательный ответ в виде записи в бланке ответов. По такому же принципу работают и другие реакции нервной системы. Наиболее простой пример такой реакции – зрачковый рефлекс. Его схематичное изображение представлено на рисунке ниже.



К зрительной коре  
(составляет образ из  
полученных сигналов)

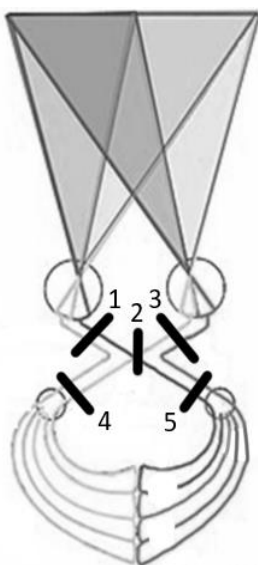
**Вопрос 1.** Сопоставьте названия структур и их функции с изображением рефлекторной дуги зрачкового рефлекса.

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| А. Вставочный нейрон      | З. Роговица               |
| Б. Спинной мозг           | И. Зрительный перекрест   |
| В. Глаз                   | К. Склера                 |
| Г. Сетчатка               | Л. Средний мозг           |
| Д. Глазодвигательный нерв | М. Зрительный нерв        |
| Е. Хрусталик              | Н. Сосудосуживающий центр |
| Ж. Стекловидное тело      | О. Зрачок                 |

**Вопрос 2.** Какие номера на рисунке соответствуют чувствительной, вставочной и двигательной частям рефлекторной дуги?

**Вопрос 3.** Что произойдет с правым зрачком и с левым зрачком, если посветить ярким светом на сетчатку левого глаза, как показано на рисунке?

Для того, чтобы ответ нервной системы был правильным, необходима работа всех трех звеньев: чувствительного, промежуточного и двигательного. Однако часто происходят нарушения. Примеры таких проблем описаны в книге Оливера Сакса «Человек, который принял свою жену за шляпу». Его пациенты имели нормальное зрение, слух, осязание, но могли не воспринимать часть мира или неправильно интерпретировать объекты (например, путать шляпы и своих жён).



	Левый глаз	Правый глаз
Пациент А		
Пациент В		
Пациент С		
Пациент D		

В книге описан интересный случай нарушения зрительной чувствительности: одна из пациенток не видела правую половину предметов. Причиной была травма зрительного нерва. Каждый из глаз иннервируется двумя пучками волокон зрительного нерва. Один из них собирает информацию с правой половины сетчатки, другой – с левой. Дальше эта информация проходит по прямому или перекрещенному пути (см. рисунок) и попадает в зрительную кору, которая составляет образ из полученных сигналов. При разрыве нервного волокна проведения сигналов не происходит, поэтому какая-то часть мира игнорируется.

**Вопрос 4.** Вам приведено пациентов и пути передачи сенсорной информации от глаз. Темным цветом изображена часть реальности, которую испытуемый не видит. Сопоставьте картину мира человека с местом предположительного разрыва зрительного волокна на схеме.

зрительное мировосприятие нескольких

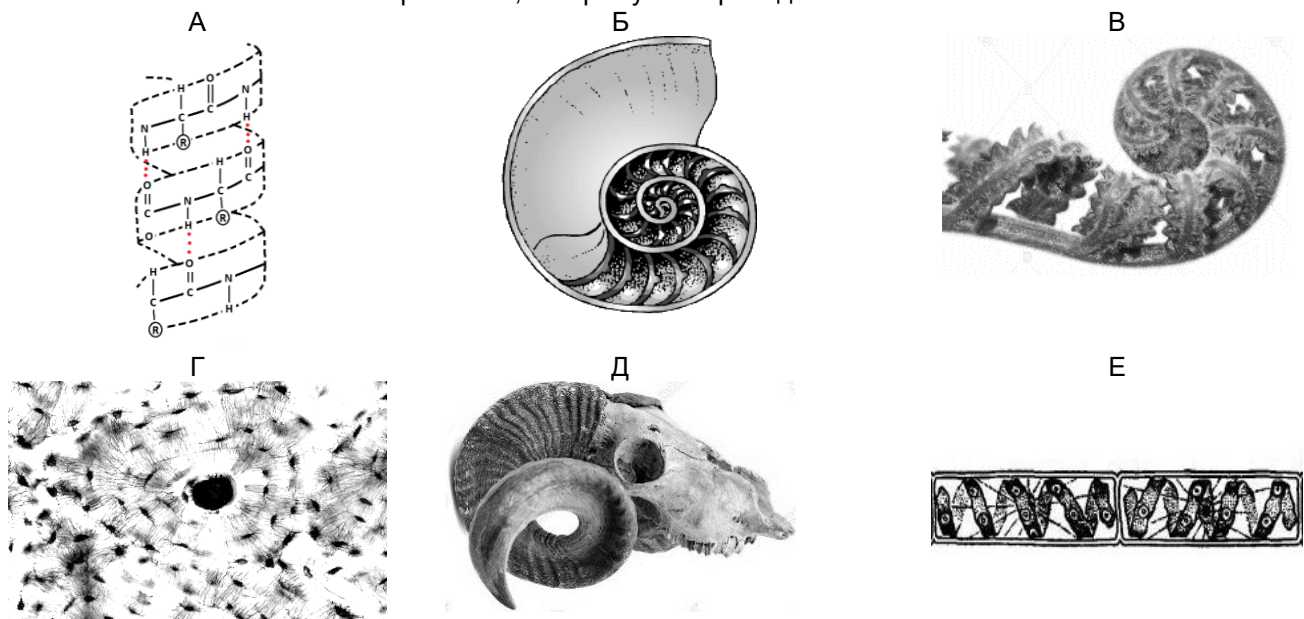
#### 4. Алгоритмы развития (30 баллов)

Еще в Древней Греции было замечено, что многие природные объекты обладают похожим геометрическим строением. Например, для большинства животных характерна двусторонняя симметрия, для растений – формирование фрактальных структур, а ветвление часто происходит по принципу дихотомии (разделения надвое). Геометрическое подобие организмов можно объяснить тем, что их развитие происходит по общим алгоритмам, связанных с последовательностью и скоростью клеточных делений. Наиболее просто проиллюстрировать это на примере небольшого числа клеток.

**Задание 1.** В каждом пункте нарисуйте, как будет выглядеть результат повторения алгоритма для ситуаций, приведенных в таблице. Для простоты считайте структуры плоскими.

№	Алгоритм делений. Клетки могут делиться только в направлениях указанных стрелками.	Исходное состояние клеток	Конечное состояние после n-делений
А	Делиться могут клетки, контактирующие с соседними двумя гранями. Деление клеток происходит через каждые 1800 секунд в направлениях, показанных стрелками. Нарисуйте структуру, которая образуется через 1,5 часа.		
В	Клетка 1 и ее потомки делятся один раз в 30 минут, что в два раза быстрее делений клетки 2 и ее потомков. Объемы всех дочерних клеток равны, однако, необходимо, чтобы каждая образовавшаяся клетка контактировала с клетками 1 и 2 ряда, клетки могут менять форму (например, уплощаться). Как будет выглядеть структура через 2 часа?		
С	Способностью к делению обладают клетки, стоящие на третьей позиции от вершины цепочки (закрашена на рисунке). Другие клетки не делятся. Деления происходят с одинаковой скоростью и всегда вправо по отношению к направлению роста цепи. Клетки сохраняют контакты после делений, при этом новых контактов не образуется. Число прошедших делений n=7		

**Задание 2.** В природе часто встречается геометрическая форма спирали. Ниже представлено несколько примеров спиральных структур. Для каждой структуры укажите ее название, подпишите уровень организации и систематическое положение организма, которому она принадлежит.

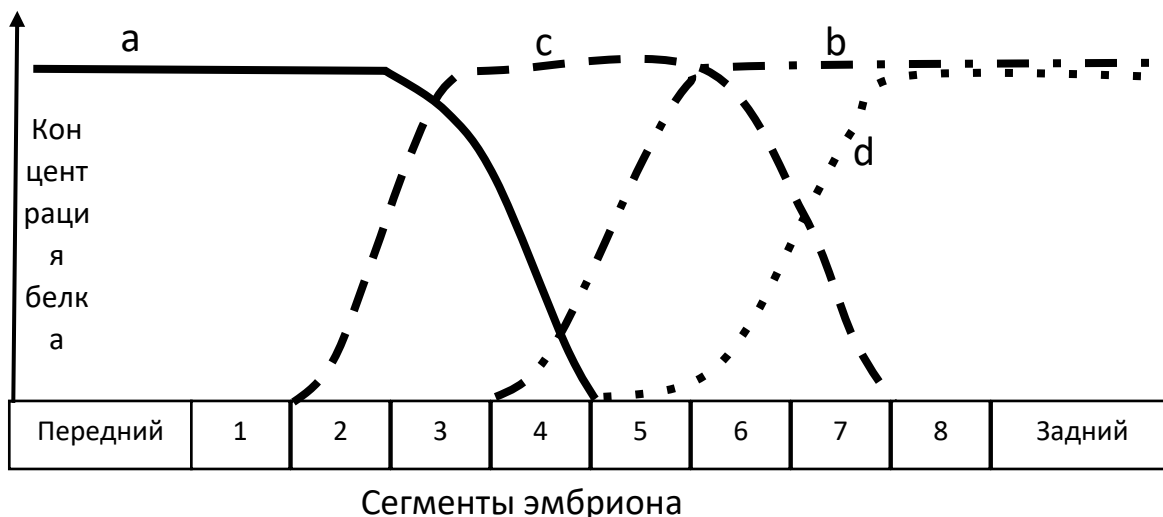


**Задание 3.** Ключевую роль в эмбриональном развитии организмов играет дифференцировка клеток, в основе которой лежит включение разных наборов генов в разных клетках в ответ на определенные сигналы.

Паттерны экспрессии генов — регуляторов развития создают пространственную разметку эмбриона, поэтапно рисуя на нем нечто вроде чертежа будущего организма.

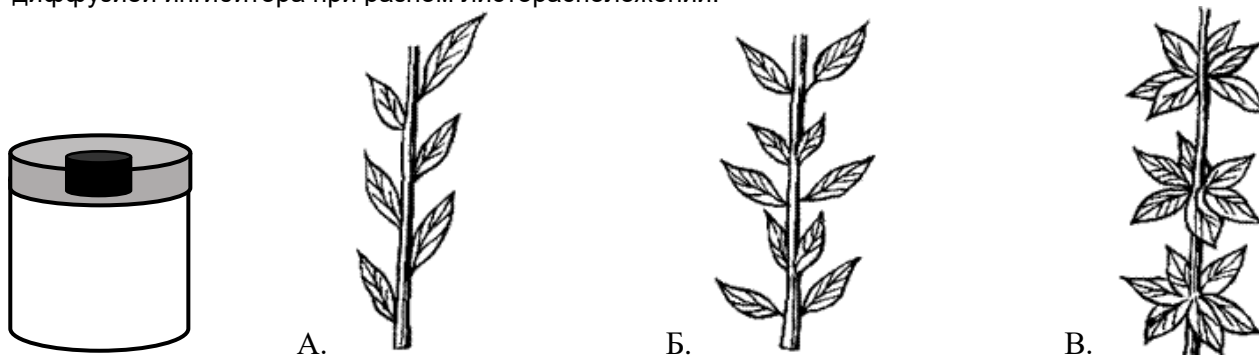
На рисунке показано распределение концентраций четырех гипотетических белков в эмбрионе *Drosophila*.

Передний конец эмбриона показан в левой части рисунка, а задний — в правой части. Продукты генов *A* и *B* активируют экспрессию гена *F*, а продукты генов *C* и *D* — репрессируют.



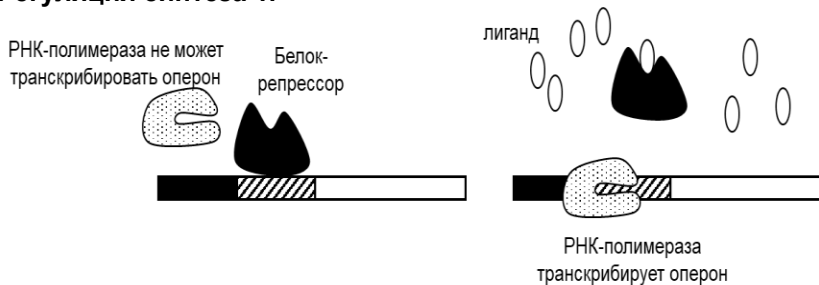
Нарисуйте график распределения концентрации белка f (продукта гена F) в эмбрионе. Как изменится распределение белка f, если в генах A, B, C и D произойдут мутации, нарушающие синтез соответствующих белков.

**Задание 4.** При развитии побега в меристеме происходит закладка листьев. Представим себе, что у нас есть два основных регулятора роста листьев: активатор и ингибитор. Обычно активатор генерируется центральной частью меристемы (черный цилиндр) и диффундирует к краевым восприимчивым клеткам (серая часть цилиндра), а ингибитор генерируется клетками, начавшими свою специализацию в лист. Назовите тип меристемы, тип листорасположения, представленный на картинках, а также предположите что происходит с диффузией ингибитора при разном листорасположении.

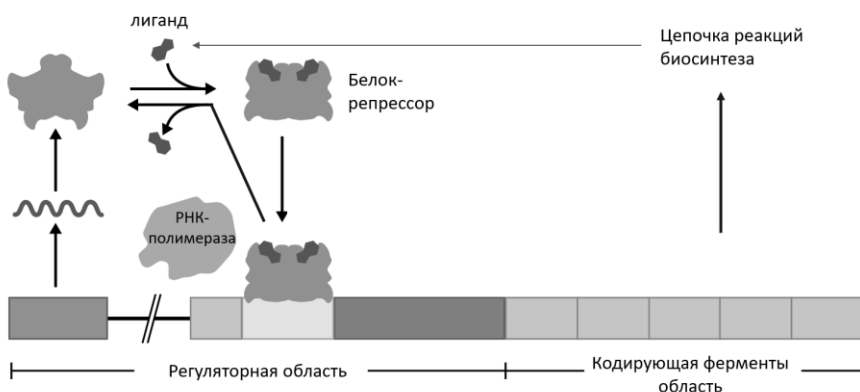


**5. Регуляция (18 баллов)**

**Регуляция синтеза 1.**



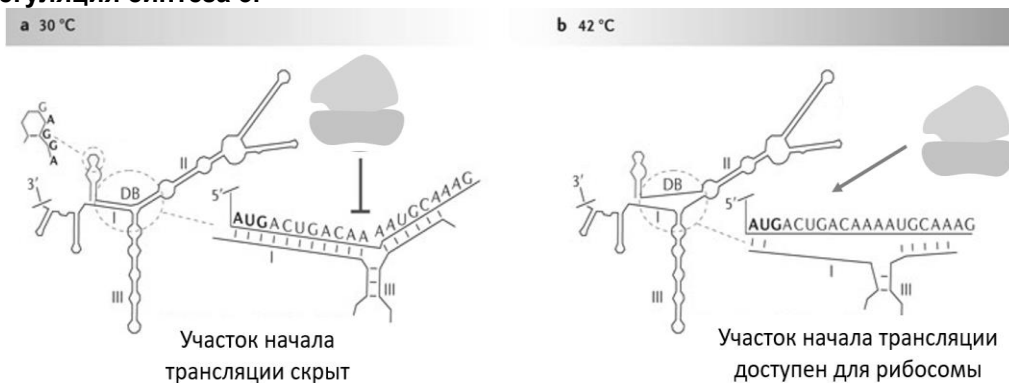
**Регуляция синтеза 2.**



Экспрессия гена — это процесс, в ходе которого наследственная информация реализуется в виде молекулы РНК или белка. У бактерий экспрессия генов регулируется разными способами. Во-первых, транскрипция гена может проходить с разной интенсивностью. Во-вторых, на количество синтезируемого белка влияет время жизни мРНК этого белка и то, насколько активно транслируется мРНК рибосомами. В-третьих, определенные последовательности РНК могут образовывать альтернативные вторичные структуры, которые могут вызывать терминацию транскрипции или не допускать присоединение рибосомы для трансляции. Вам представлены схемы регуляции синтеза некоторых белков в клетке.



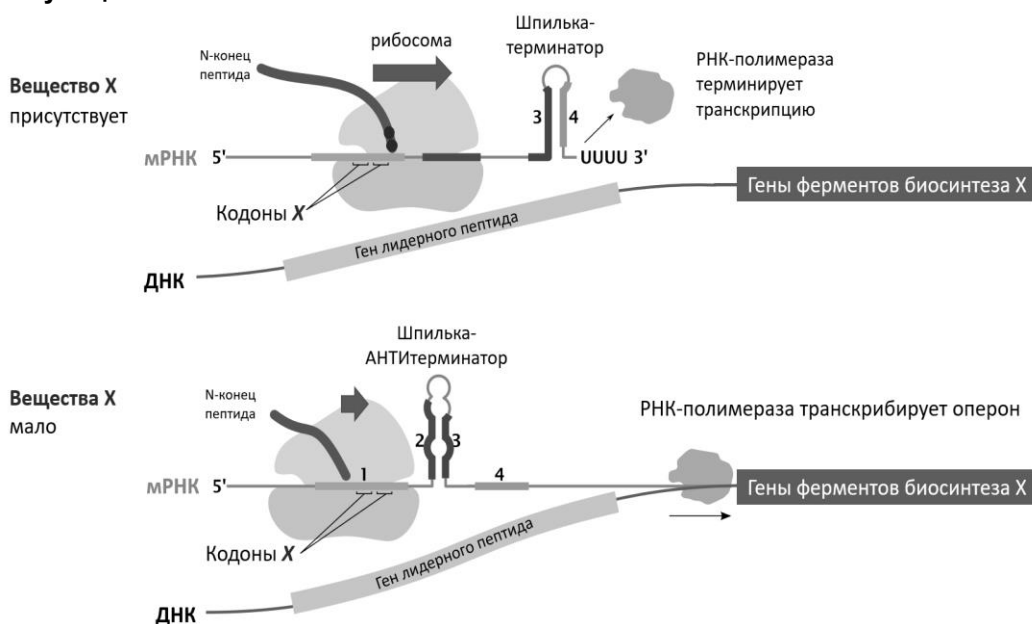
### Регуляция синтеза 3.



### Пояснения:

лиганд — молекула, образующая комплекс с некоторым белком; шпилька-терминатор — вторичная структура РНК, которая, сформировавшись сразу позади РНК-полимеразы, заставляет ее диссоциировать, что приводит к окончанию (терминации) транскрипции; промотор — последовательность ДНК, узнаваемая РНК-полимеразой, как площадка для старта транскрипции; оперон — участок ДНК, транскрибируемый за один раз (может включать в себя несколько генов белков, участвующих в одном метаболическом пути).

### Регуляция синтеза 4.



### Вопрос 1.

Разберитесь в механизмах регуляции, представленных на схемах. Какие из перечисленных ниже белков регулируются каким способом? Обоснуйте свой ответ.

- Специальная сигма-субъединица бактериальной РНК-полимеразы, узнающая промоторы генов белков-шаперонов. Шапероны участвуют в процессе формирования правильной пространственной структуры белков. У разных генов промоторы отличаются, и группа генов белков-шаперонов не узнается обычной сигма-субъединицей РНК-полимеразы.
- Группа ферментов пути биосинтеза аминокислоты.
- Группа ферментов, осуществляющих катаболизм дисахарида.

### Вопрос 2.

В чем преимущества регуляции экспрессии генов на уровне транскрипции, а в чем — в регуляции экспрессии на уровне трансляции? Подытожьте, когда клетке выгоднее использовать какой способ.

## 6. Умная слизь (20 баллов)

Слизевики – удивительные организмы, живущие на нашей планете! В 2019 году в Парижском зоопарке появился интересный обитатель – *Physarum polycephalum* представитель группы Миксомицетов (клада Амоевозоа). Этот слизевик так же обитает и в Калининградском зоопарке.

*Physarum polycephalum* – удобный модельный организм, который используется в различных биологических исследованиях, а также один из наиболее изученных организмов. В лаборатории *Physarum* выращивается на чашках Петри (рис.1), а его «излюбленным» кормом являются овсяные хлопья.

**Вопрос 1.** Какими свойствами должен обладать организм, чтобы его выбрали в качестве модельного для дальнейшего использования в различных биологических исследованиях? Напишите 3 свойства. Какие еще модельные организмы, помимо *Physarum polycephalum*, вам известны? Напишите 3 примера модельных организмов.

**Вопрос 2.** Как и многие другие слизевики, *Physarum* обладает сложным жизненным циклом, состоящим из диплоидных и гаплоидных стадий. Известно, что образование спор, подобно высшим растениям,

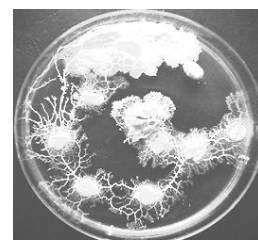
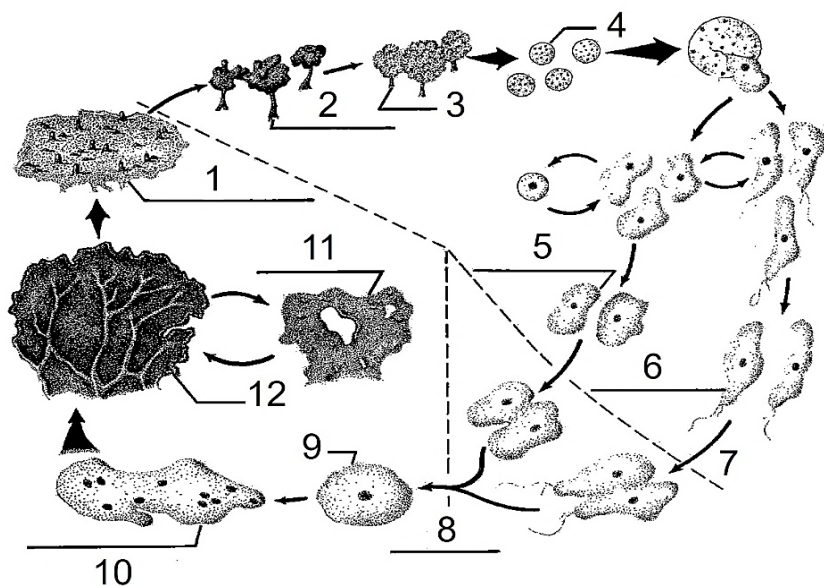


Рис. 1. Чашка Петри с *Physarum polycephalum*

происходит в процессе *мейоза*. Гаметы могут иметь пару жгутиков, а могут быть амебоидными. Слияясь, гаметы образуют *однойдерную зиготу*. В дальнейшем ее ядро многократно делится, а клетка увеличивается в размерах – формируется *многоядерный плазмодий* – ярко-желтая масса, видимая невооруженным взглядом! При нехватке питательных веществ многоядерный плазмодий способен переходить в покоящуюся стадию – *склероций*.

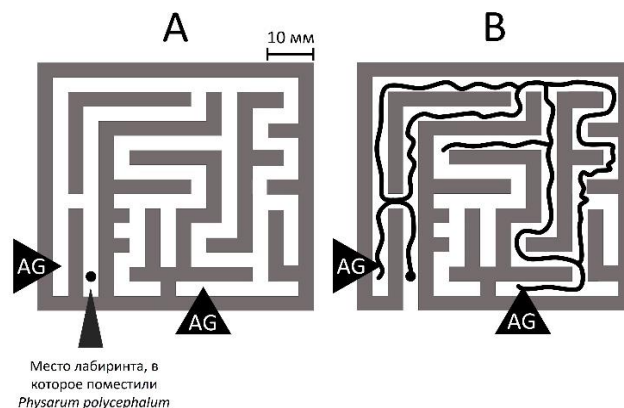


Вам представлен жизненный цикл этого миксомицета, соотнесите стадии (процессы) жизненного цикла (1-12) с названиями (А-М) и плоидностью ( $1n/2n$ ; для процессов в ячейке с плоидностью ставиться прочерк «-»).

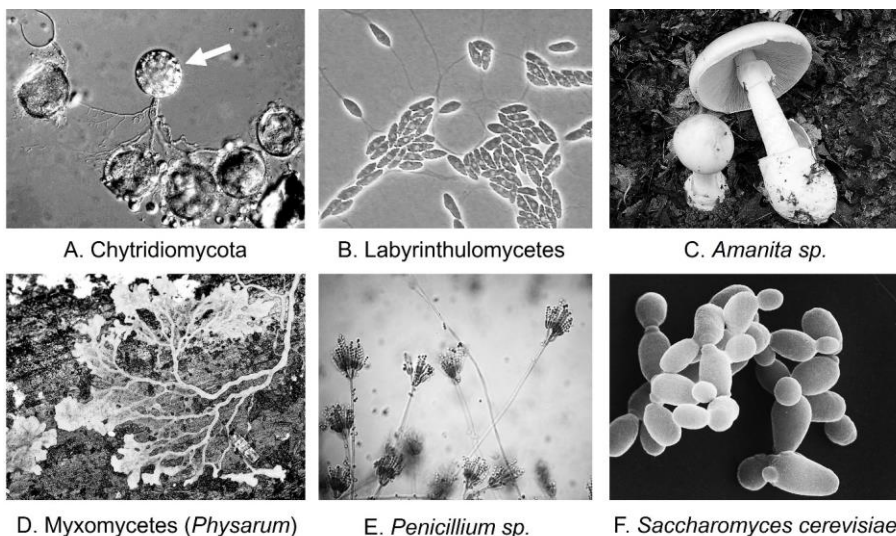
**Список названий:**

- А) зигота;
- Б) склероций;
- В) амебоидная гамета;
- Г) молодой спорангий;
- Д) плазмогамия (процесс);
- Е) молодой плазмодий;
- Ж) кариогамия (процесс);
- З) зрелый плазмодий со спорангиями;
- И) спора;
- К) жгутиковая гамета;
- Л) зрелый плазмодий;
- М) зрелый спорангий.

**Вопрос 3.** На рис. 2. представлен лабиринт, в котором находятся два агаровых блока (AG), содержащие измельченные овсяные хлопья. В лабиринт был помещен плазмодий *Physarum polycephalum*, через некоторое время он сформировал плазмодиальные тяжи практически по всему лабиринту (рис. 2. В), но, как известно, слишком длинные или тупиковые тяжи со временем истончаются и исчезают, а тяжи, проложенные по наиболее оптимальному маршруту между источниками пищи, наоборот, утолщаются и продолжают функционировать. В бланке ответов изобразите, наиболее оптимальный(ые) маршрут(ы), проложенный(ые) плазмодиальными тяжами между источниками пищи, начиная с места в лабиринте, в которое поместили *Physarum polycephalum*.



**Рис. 2.** Эксперимент с лабиринтом.



**Вопрос 4.** Плазмодий – один из разновидностей талломов (тел) у грибов (в широком смысле). Помимо плазмодия (многоядерной клетки), грибные талломы могут быть представлены *псевдоплазмодием* (множеством слипшихся клеток, существующих какое-то время как единый организм), *ризомицелием* (амебоидной клеткой, формирующей корнеподобные выросты, нужные для питания и закрепления в субстрате), *мицелием* или в *дрожжевом* виде. Ниже указаны представители эукариот, обладающие грибным талломом на той или иной стадии своего жизненного цикла.

Соотнесите организм (А-F) с названием таллома (1-5), который для него характерен и представлен на фотографии.

**Названия талломов:** 1) плазмодий; 2) псевдоплазмодий; 3) ризомицелий; 4) мицелий; 5) дрожжевой таллом.