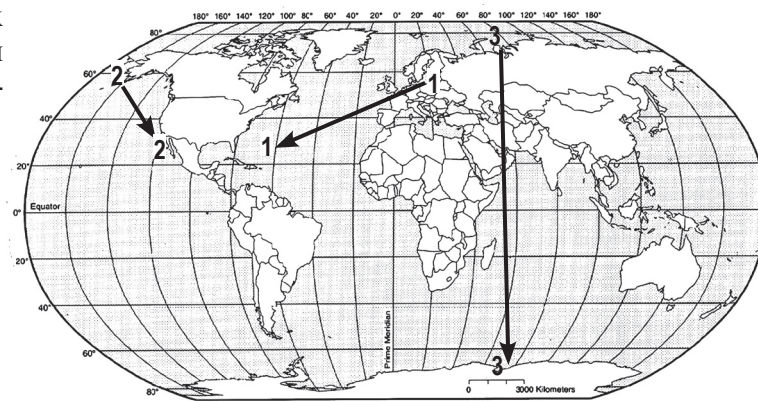


## Задание для 5 – 8 класса (Ответы и критерии оценки)

**Задача 1 (6 баллов).** Укажите, какие из предложенных вам животных регулярно мигрируют на расстояния более 1000 км, а какие – не мигрируют.

### Названия животных:

- А. Полярная крачка.
- Б. Горбатый кит.
- В. Красный неон (рыба).
- Г. Большая синица.
- Д. Речной угорь.
- Е. Байкальская нерпа.



Соотнесите мигрирующих животных с цифрами на карте, обозначающими места их миграции. (Стрелки условно соединяют начало и конец маршрута миграции, но сам маршрут никогда не проходит по прямой.)

**Ответ:** Из представленного списка мигрируют на большие расстояния следующие животные:

- А. Полярная крачка. Мигрирует между точками 3 → 3.
- Б. Горбатый кит. Мигрирует между точками 2 → 2.
- Д. Речной угорь. Мигрирует между точками 1 → 1.

**Критерий:** по 1 баллу за каждое правильно указанное мигрирующее животное и по 1 баллу за верное соответствие маршруту.

**Задача 2 (16 баллов).** Перед вами список пищевых продуктов, в состав которых либо входят сами живые организмы и их части, либо продукт приготовлен при помощи живых организмов (продукты обозначены буквами). Во втором столбце даны зашифрованные описания этих живых организмов (обозначены цифрами).

Продукт		Описание	
А.	Фруктовое желе из желатина.	1.	Это растения с чертырьмя чашелистиками и четырьмя лепестками.
Б.	Кефир.	2.	Эти организмы не имеют ядра, генетический материал организован в виде кольцевой ДНК.
В.	Сметана.	3.	Глаза этих организмов состоят из отдельных фасеток (омматидиев).
Г.	Мармелад «Лимонные дольки».	4.	Это почкующиеся одноклеточные организмы, с ядром, митохондриями и клеточной стенкой, но у них нет хлоропластов.
Д.	Сахар-рафинад.	5.	У этих растений плод – тыква.
Е.	Квашеная капуста.	6.	Это животные с четырёхкамерным сердцем и с четырёхкамерным желудком, три из пяти пальцев конечностей у них недоразвиты.
Ж.	Хлебный квас.	7.	Это растения из класса Двудольных с числом частей цветка, не кратным четырём.
З.	Солёные огурцы.	8.	Эти живые организмы накапливают багрянквый крахмал, а также образуют фикобилисомы.
И.	Мёд.	9.	Это растения с невзрачными цветками из класса Однодольных, обычно опыляются ветром.

♦ Описания каких организмов даны цифрами? Как их используют при приготовлении продуктов?

♦ Установите соответствие между пунктами первого и второго столбца.

Обратите внимание на то, что одному продукту может соответствовать несколько организмов и наоборот.

**Организмы, которые могут *случайно* попасть в продукт, не указывайте!**

**Ответ.** При выполнении задания важно сразу соотнести живые объекты, из которых готовят определенные продукты питания, и их зашифрованные описания.

**1.** Это растения с четырьмя чашелистиками и четырьмя лепестками. Признак, типичный для сем. *Крестоцветных* (*Капустных*). Можно более узко указать, что это – *капуста*. Многие крестоцветные – медоносы, их нектар пчёлы могут собирать для получения мёда.

Соответствие: **1 – Е, И.**

**2.** Эти организмы не имеют ядра, генетический материал организован в виде кольцевой ДНК. Описание соответствует *бактериям*. Бактерии случайно могут попадать во все продукты. Однако для производства некоторых продуктов они необходимы. Так, молочнокислые бактерии используются для получения кефира, сметаны, а также квашении капусты и солении огурцов.

Соответствие: **2 – Б, В, Е, З.**

**3.** Глаза этих организмов состоят из отдельных фасеток (омматидиев). Такой признак есть, в частности, у *насекомых*. Из всего перечня продуктов с помощью насекомых получен только мёд.

Соответствие: **3 – И.**

**4.** Это почкующиеся одноклеточные организмы, с ядром, митохондриями и клеточной стенкой, но у них нет хлоропластов. Описание соответствует *дрожжам*. Дрожжи используются в производстве кефира и хлебного кваса, причем в производстве хлебного кваса – дважды. Сначала для выпечки хлеба, а потом – для сбраживания самого напитка. Случайно дрожжи могут попадать в мёд или размножиться в сметане, образовать плёнку на поверхности огуречного рассола. Но эти ответы не стоит считать правильными.

Соответствие: **4 – Б, Ж.**

**5.** У этих растений плод – тыква. Явное указание на представителей семейства *Тыквенные*, к которым относится *огурец*.

Соответствие: **5 – З.**

**6.** Это животные с четырёхкамерным сердцем и с четырёхкамерным желудком, три из пяти пальцев конечностей у них недоразвиты. Строение сердца позволяет сказать, что это – либо птицы, либо млекопитающие. Четырёхкамерный желудок характерен для некоторых представителей *Парнокопытных*. Он состоит следующих отделов: рубца, сетки, книжки и сычуга. Строение конечностей также соответствует Парнокопытным. Наиболее вероятно, что дано описание *коровы*. Таким образом, все молочные продукты (кефир, сметана) произведены с ее участием. Кроме того, из соединительных тканей получают желатин, который используется в пищевой промышленности как желирующий агент. Поэтому можно указать, что фруктово-желе также получено с участием продуктов из коровы.

Соответствие: **6 – А, Б, В.**

**7.** Это растения из класса *Двудольных* с числом частей цветка, не кратным четырём. Под это описание подходят очень многие растения (более конкретно в контексте вопроса сказать нельзя). В частности, многие плодовые растения, которые дают фрукты, многие медоносы, а также сахарная свекла. Кроме того, у представителей семейства *Злаковых* также число частей цветка не кратно 4. Это означает, что мы можем указать достаточно много продуктов, полученных с использованием таких растений: фруктово-желе (фрукты, сахар, лимонная кислота), мармелад (сахар, лимонная кислота, лимон), сахар рафинад, хлебный квас, соленые огурцы, мёд.

Соответствие: **7 – А, Г, Д, Ж, З, И.**

**8.** Эти живые организмы накапливают багряно-красный крахмал, а также образуют фикобилизомы.

Явно имеются в виду *Красные водоросли* («багрянки»). Из них получают агар-агар, который используют как желирующий агент. Поскольку указано, что фруктовое желе приготовлено на желатине, этот ответ нельзя считать правильным. Агар-агар из перечисленных продуктов используется только для производства мармелада.

Соответствие: **8 – Г.**

**9.** Это растения с невзрачными цветками из класса Однодольных, обычно опыляются ветром. Описание соответствует представителям семейства *Злаковые* (*Мятликовые*). Зерновки злаков используют в производстве хлеба, т.е. один из продуктов – хлебный квас. Кроме того, сахар можно получить из сахарного тростника (в задании не указано, какое растение использовали в производстве). Сахар входит в состав желе и мармелада. Его также добавляют при приготовлении кваса.

Конечно, злаками откармливают корову, но такие ответы с участием пищевых цепей не будут засчитаны.

Соответствие: **9 – А, Г, Д, Ж.**

**Критерий:** Таким образом, можно «распознать» по описаниям 9 объектов и указать 24 пары «организм – продукт». (Всего 33 ответа.) За каждый правильный ответ нужно давать 0,5 балла. При этом считаем задание полностью выполненным, когда дано 32 или 33 правильных ответа. Тогда за всё задание присваивается 16 баллов.



**Задача 3 (15 баллов).** С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рис.

**Семейство:** А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; В – Паслёновые;  
Г – Бобовые; Д – Лилейные; Е – Злаковые.

**Цветок:** Ж – актиноморфный; З – зигоморфный; И – неправильный

**Завязь:** К – верхняя; Л – нижняя

**Плод:** М – ягода; Н – орешек или многоорешек; О – костянка;  
П – зерновка; Р – семянка; С – стручок или стручочек;  
Т – боб; У – коробочка

**Околоцветник:** Ф – двойной; Х – простой; Ц – редуцированный.

**Ответ:** На рисунке представлено растение из сем. Крестоцветные. Об это можно догадаться по строению цветка (4 длинных и 2 коротких тычинки, 4 лепестка, раздвоенных на верхушке) и по плодам (стручочки).

**Шифр ответа:** Б, Ж, К, С, Ф.

**Критерий:** по 3 балла за каждую правильную букву шифра.

**Задача 4 (15 баллов).** Цифрами на карте обозначены места расположения заповедников.

Выберите из списка названия этих заповедников.

- А. Приокско-террасный.
- Б. Байкальский.
- В. Астраханский.
- Г. Кедровая Падь.
- Д. Магаданский.

Укажите, какое из животных охраняется в каждом из этих заповедников:

I – Кудрявый пеликан; II – Амурский тигр; III – Белоплечий орлан; IV – Зубр; V – Баргузинский соболь.

Укажите, какое из растений охраняется в каждом из этих заповедников:

VI – Лотос каспийский; VII – Женьшень; VIII – Шлемник байкальский; IX – Ковыль перистый; X – Княжик охотский.

Для простоты считайте, что каждому заповеднику соответствует какое-то одно животное и одно растение.



**Ответ:**

Цифра на карте	Название заповедника	Охраняемое животное	Охраняемое растение
1.	Б. Байкальский	V – Баргузинский соболь*	VIII – Шлемник байкальский
2.	Д. Магаданский	III – Белоплечий орлан	X – Княжик охотский
3.	Г. Кедровая Падь	II – Амурский тигр	VII – Женьшень
4.	А. Приокско-террасный	IV – Зубр	IX – Ковыль перистый
5.	В. Астраханский	I – Кудрявый пеликан	VI – Лотос каспийский

Примечания.

\*Соболь встречается также и в других заповедниках (в Магаданском, в Кедровой Пади), но самый тёмный мех – у так называемого *баргузинского* соболя, обитающего в окрестностях озера Байкал.

**Критерий:** по 1 баллу за каждое правильное соответствие по таблице. Главными считать цифры на карте (левый столбец).

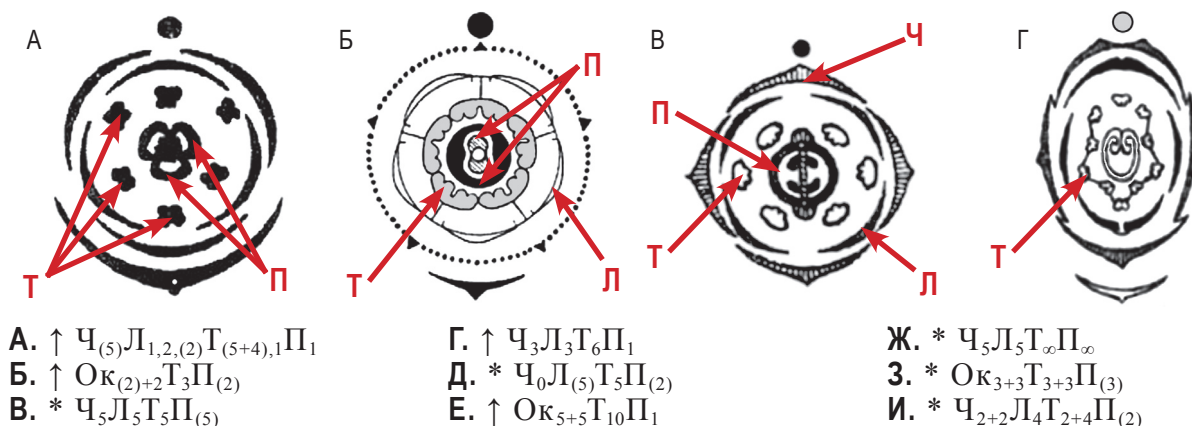
**Задача 5 (3 балла).** Назовите растительные ткани, которые употребляются в пищу в блюдах из корнеплодов моркови (считайте, что перед употреблением морковь моют и чистят).

- А. Пробковая ткань.                      Б. Эпидерма.                      В. Вторичная флоэма.  
Г. Сердцевина.                      Д. Первичная ксилема.                      Е. Вторичная ксилема.

**Ответ: В, Д, Е.**

**Критерий:** по 1 баллу за каждый правильный ответ.

**Задача 6 (8 баллов).** Для изображенных на диаграммах цветков подберите соответствующие формулы. Диаграммы цветков:



**Формулы:** Ч – чашелистики; Л – лепестки; Ок – листочки околоцветника; Т – тычинки; П – плодолистики.

**Ответ:** Задание предполагает умение «читать» диаграммы и формулы цветка.

На рисунке А показан цветок с 6 тычинками (три чуть-чуть дальше от центра, и еще три – чуть ближе; как говорят учёные – в двух кругах) и тремя сросшимися плодолистиками в центре (красные стрелки). Такому строению соответствует только одна формула – **З.  $* Ok_{3+3}T_{3+3}P_{(3)}$** .

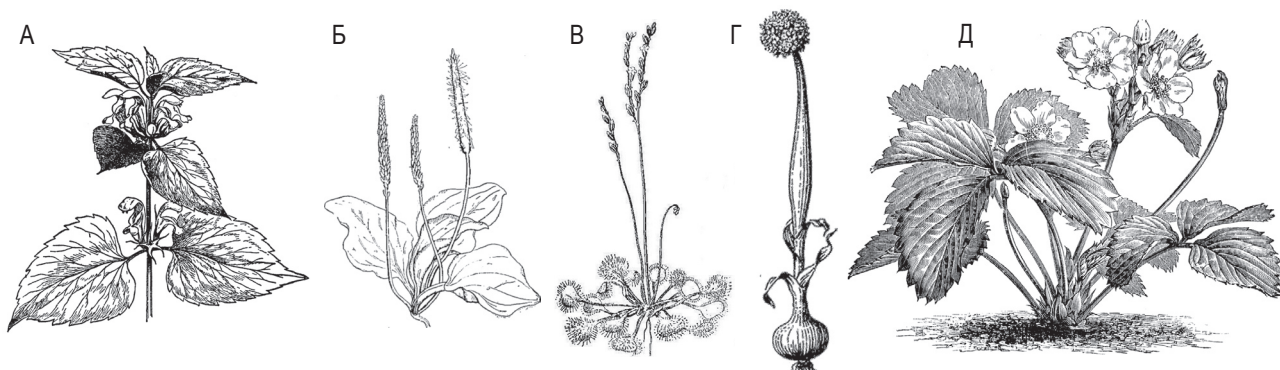
На рисунке Б показаны 5 сросшихся лепестков, 5 тычинок и два плодолистика. Такому строению соответствует только формула **Д.  $* C_0L_{(5)}T_5P_{(2)}$** . Обратите внимание, что самый наружный круг чашелистиков показан условно, пунктиром. В данном случае чашелистики редуцировались.

На рисунке В суммарно 4 чашелистика, 4 лепестка, 6 тычинок и 2 плодолика. Такому цветку соответствует только одна формула: **И.  $* C_{2+2}L_4T_{2+4}P_{(2)}$** .

На рисунке Г десять тычинок: девять из них оединены линией (срослись), а еще одна – свободная. Если учесть, что срастание обозначается скобками, то можно подобрать только одну соответствующую формулу: **А.  $\uparrow C_{(5)}L_{1,2,(2)}T_{(5+4),1}P_1$** . Формула Е не годится, поскольку там все тычинки свободные, и находятся в одном круге.

**Критерий:** по 2 балла за каждое правильное соответствие. **Рис.А – З; Рис.Б – Д; Рис.В – И; Рис.Г – А.**

**Задача 7 (9 баллов).** Все представленные на рисунках растения по способу получения питательных веществ относятся к одной и той же экологической группе, за исключением одного. Отметьте это растение. Как оно называется? Чем его способ питания отличается от остальных?



**Ответ:** В – Росьянка [круглолистная], это хищное растение, часть питательных веществ получает, переваривая пойманных насекомых.

**Критерий:** 3 балла – правильно указана буква шифра; 3 балла – правильно указано название растения (видовой эпитет в скобках можно не приводить); 3 балла – отмечена особенность питания растения.

**Задача 8 (14 баллов).** Изучите схему жизненного цикла паразитического червя и ответьте на вопросы. Данный паразитический червь относится к таксону (систематической группе):

**А. Ленточные черви.**

**Б. Круглые черви.**

**В. Сосальщики.**

**Г. Кольчатые черви.**

**Д. Ни к одному из перечисленных.**

Какие утверждения об особенностях жизненного цикла данного вида паразитов верные, а какие – нет:

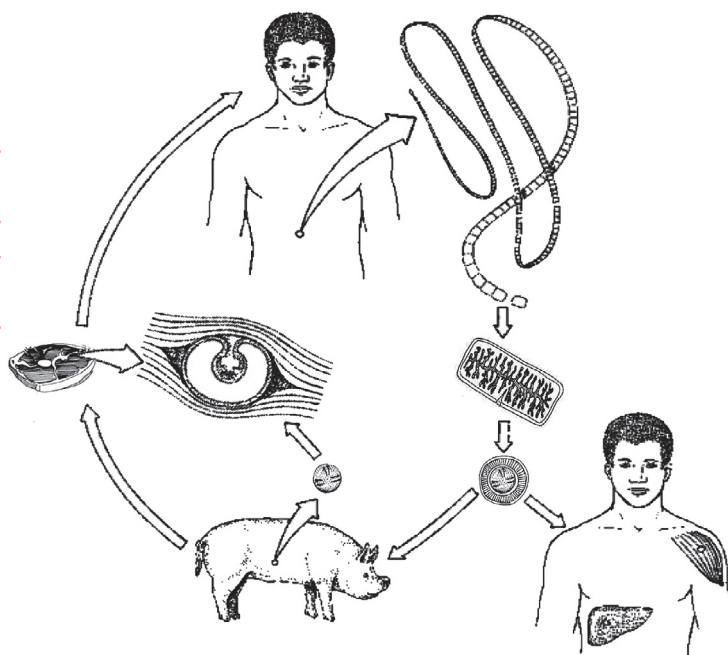
**Е. В жизненном цикле один промежуточный хозяин.**

**Ж. Человек может быть и промежуточным, и окончательным хозяином этого паразита.**

**З. Все хозяева заражаются данным паразитом в процессе питания.**

**И. В жизненном цикле нет стадий, проходящих во внешней среде.**

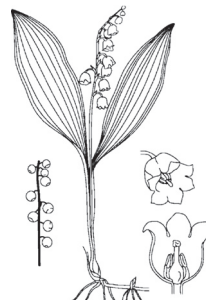
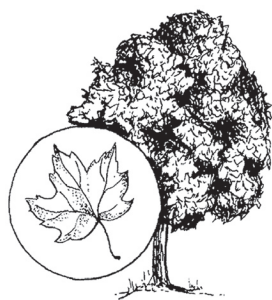
**К. Данный паразит размножается в каждом из своих хозяев.**



**Критерий:** Правильные ответы выделены красным жирным шрифтом. Нужно правильно выбрать один ответ из А–Д. За один правильный выбор – 4 балла.

Далее идут 5 утверждений. Если участник не указал, верное утверждение или неверное, то ответ не засчитывается. Если правильно указаны верные и неверные утверждения, то за каждое присваивается по 2 балла. Максимальный балл за задание – 14 баллов.

**Задача 9 (10 баллов).** Укажите жизненную форму каждого изображенного растения по классификации Ивана Григорьевича Серебрякова.



**А. Клён ▲**

**Б. Кувшинка ▲**

**В. Пшеница ▲**

**Г. Малина ▲**

**Д. Ландыш ▲**

Жизненные формы по Серебрякову:

1. Древесные (деревья, кустарники, кустарнички).
2. Полудревесные (полукустарники и полукустарнички).
3. Наземные травы.
4. Водные травы.

**Ответ:**

**А. Клён** – 1. Древесные (деревья, кустарники, кустарнички).

**Б. Кувшинка** – 4. Водные травы.

**В. Пшеница** – 3. Наземные травы.

**Г. Малина** – 2. Полудревесные (полукустарники и полукустарнички).

**Д. Ландыш** 3. Наземные травы.

**Критерий:** по 2 балла за каждый правильный ответ.

**Задача 10 (4 балла).** По характеру поверхности зубов млекопитающих можно предположить, чем животное питается. Для кого из млекопитающих характерны коренные зубы с плоской поверхностью? Какой пищей оно при этом питается?

**А. Лошадь.**

**Б. Кабан.**

**В. Косатка.**

**Г. Кошка.**

**Ответ:** **А. Лошадь.** Питается грубой растительной пищей, для перемалывания которой необходима такая форма коренных зубов.

**Критерий:** 2 балла – правильно указано животное. “ балла – правильно указан характер пищи.

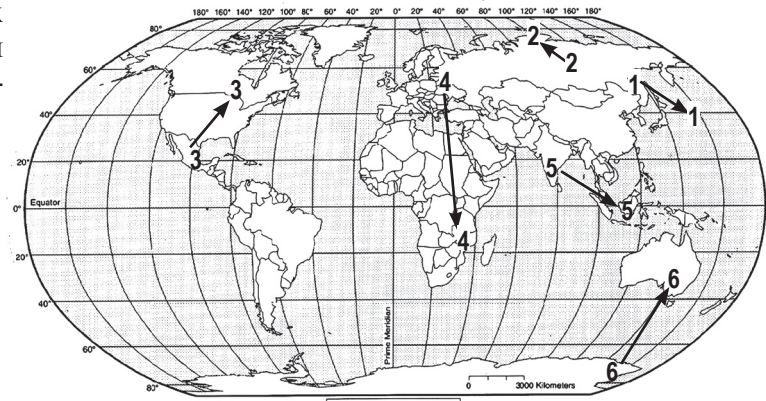
**Итого: 100 баллов.**

## Задание для 9 класса

**Задача 1 (6 баллов).** Укажите, какие из предложенных вам животных регулярно мигрируют на расстояния более 1000 км, а какие – не мигрируют.

**Названия животных:**

- А.** Длиннохвостый суслик.
- Б.** Лосось.
- В.** Павлиний глаз.
- Г.** Кабарга.
- Д.** Белый аист.
- Е.** Бабочка-монарх.



Соотнесите мигрирующих животных с цифрами на карте, обозначающими места их миграции. (Стрелки условно соединяют начало и конец маршрута миграции, но сам маршрут никогда не проходит по прямой.)

**Ответ:** Из представленного списка мигрируют на большие расстояния следующие животные:

- Б.** Лосось. Мигрирует между точками 1 → 1.
  - Д.** Белый аист. Мигрирует между точками 4 → 4.
  - Е.** Бабочка-монарх. Мигрирует между точками 3 → 3.
- Остальные варианты маршрутов даны как неверные.

**Критерий:** по 1 баллу за каждое правильно указанное мигрирующее животное и по 1 баллу за верное соответствие маршруту.

**Задача 2 (16 баллов).** Перед вами список вещей из определенных материалов, в состав которых либо входят сами живые организмы и их части, либо продукт приготовлен при помощи живых организмов (обозначены буквами). Во втором столбце даны зашифрованные описания этих живых организмов (обозначены цифрами).

Вещь и материал		Описание	
<b>А.</b>	Шёлковое платье.	<b>1.</b>	Лепестки венчика цветка у этого растения обычно голубые, цветок пятичленный.
<b>Б.</b>	Каучуковый мяч.	<b>2.</b>	Эти вымершие автотрофы были споровыми.
<b>В.</b>	Хлопчатобумажный халат.	<b>3.</b>	Глаза этих организмов состоят из отдельных фасеток (омматидиев).
<b>Г.</b>	Желатиновые фотографические пластинки.	<b>4.</b>	Эти гетеротрофные организмы имеют четырёхкамерный желудок, три из пяти пальцев конечности у них недоразвиты.
<b>Д.</b>	Глянцевый журнал.	<b>5.</b>	Это тропическое растение содержит во всех своих частях млечный сок.
<b>Е.</b>	Графитовый карандаш в деревянном чехле. (Графит добыт в Тунгусском бассейне.)	<b>6.</b>	Это растение имеет плод – коробочку с семенами, покрытыми густыми волосками.
<b>Ж.</b>	Льняная олифа (используется как растворитель для масляных красок).	<b>7.</b>	Это автотрофные организмы, в жизненном цикле которых преобладает спорофит, а гаметофит можно разглядеть только под микроскопом.
<b>З.</b>	Школьный мел.	<b>8.</b>	Этот организм в личиночной стадии имеет грызущий ротовой аппарат.
<b>И.</b>	Прополис.	<b>9.</b>	Эти одноклеточные гетеротрофы имеют раковины и ловчую сеть из специализированных ложноножек.

♦ Описания каких организмов даны цифрами? Как их используют при приготовлении материалов? Одному организму могут соответствовать несколько описаний!

♦ Установите соответствие между пунктами первого и второго столбца.

Обратите внимание на то, что одной вещи может соответствовать несколько организмов и наоборот.

**Организмы, которые могут *случайно* попасть в материал, не указывайте!**

**Ответ.** При выполнении задания важно сразу соотнести живые объекты, из которых готовят определенные вещи и материалы, и их зашифрованные описания.

**1.** Лепестки венчика цветка у этого растения обычно голубые, цветок пятичленный. Из всех представленных материалов только льняная олифа готовится из семян льна - растения с голубыми цветками. Правильный ответ – *Лён*.

Соответствие: **1 – Ж.**

**2.** Эти вымершие автотрофы были споровыми. Из всех предметов и материалов только мел и графит могут быть продуктом, полученным из вымерших организмов. Из них только графит определённого происхождения является продуктом метаморфизации остатков фотосинтезирующих споровых организмов: *папоротников, хвощей и плаунов*.

Соответствие: **2 – Е.**

**3.** Глаза этих организмов состоят из отдельных фасеток (омматидиев). Этот признак характерен для насекомых. В левом столбце есть два материала, получаемых от насекомых: шёлк и проволока. Таким образом, в описании зашифрованы *тутовый шелкопряд* и *пчела*.

Соответствие: **3 – А, И.**

**4.** Эти гетеротрофные организмы имеют четырёхкамерный желудок, три из пяти пальцев конечности у них недоразвиты. Строение сердца позволяет сказать, что это – либо птицы, либо млекопитающие. Четырёхкамерный желудок характерен для некоторых представителей *Парнокопытных*. Он состоит из следующих отделов: рубца, сетки, книжки и сычуга. Строение конечностей также соответствует Парнокопытным. Наиболее вероятно, что дано описание *коровы*. Из соединительных тканей получают желатин, который используется для производства желатиновых фотографических пластинок.

Соответствие: **4 – Г.**

**5.** Это тропическое растение содержит во всех своих частях млечный сок. Из млечного сока получают натуральный каучук. Поэтому может быть зашифровано самое распространённое каучуконосное растение – *гевея бразильская*. Правильным может быть также ответ *фикус эластичный* [его используют как каучуконос в Индии].

Соответствие: **5 – Б.**

**6.** Это растение имеет плод – коробочку с семенами, покрытыми густыми волосками. Таким строением обладает коробочка *хлопчатника*, а волоски, развивающиеся на семенах, используют для производства хлопчатобумажной ткани.

Соответствие: **6 – В.**

**7.** Это автотрофные организмы, в жизненном цикле которых преобладает спорофит, а гаметофит можно разглядеть только под микроскопом. Под это описание подходит довольно большой спектр растений. Это *Цветковые (Покрывосеменные)* и *Голосеменные* растения. Перечислим цветковые растения, участвующие в производстве материалов.

Тутовое дерево (шелковица) - пища для тутового шелкопряда. Гевея бразильская – каучуконос. Хлопчатник – источник ваты и хлопчатобумажных тканей. Осина – источник мягкой древесины, удобной для отачивания карандашей. Лён – источник льняной олифы и льняных тканей. Тополь, берёза и другие деревья, дающие смолистые выделения – с них пчёлы собирают материал, который перерабатывается в прополис.

Из Голосеменных ель используют в производстве бумаги.

Соответствие: **7 – А, Б, В, Д, Е, Ж, И.**

**8.** Этот организм в личиночной стадии имеет грызущий ротовой аппарат. Такой ротовой

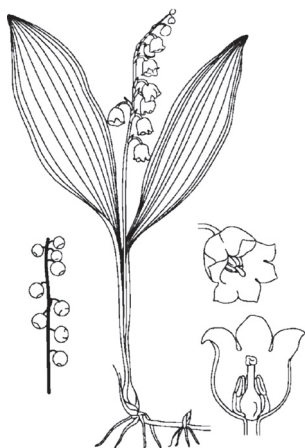
аппарат характерен для гусениц, который у имаго претерпевает сильный метаморфоз. У пчёл – грызуще-лижущий аппарат, сохраняющийся во взрослом состоянии. Таким образом, был зашифрован *тутовый шелкопряд*.

Соответствие: **8 – А.**

**9.** Эти одноклеточные гетеротрофы имеют раковины и ловчую сеть из специализированных ложноножек. Речь идёт о *фораминиферах*, раковины которых образовали залежи мела.

Соответствие: **9 – 3.**

**Критерий:** Возможно 16 правильных соответствий. За каждое правильное соответствие – 1 балл.



**Задача 3 (10 баллов).** С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рисунке слева.

**Семейство:** А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; В – Паслёновые; Г – Бобовые; Д – Спаржевые; Е – Злаковые.

**Цветок:** Ж – актиноморфный; З – зигоморфный; И – неправильный

**Завязь:** К – верхняя; Л – нижняя

**Плод:** М – ягода; Н – орешек или многоорешек; О – костянка; П – зерновка; Р – семянка; С – стручок или стручочек; Т – боб; У – коробочка

**Околоцветник:** Ф – двойной; Х – простой; Ц – редуцированный.

**Ответ:** На рисунке представлен *Ландыш майский* – растение из семейства Спаржевые (порядок Лиліецветные). Остальные «школьные» семейства явно не подходят.

**Шифр ответа:** Д, Ж, К, М, Х.

**Критерий:** по 2 балла за каждую правильную букву шифра.

**Задача 4 (15 баллов).** Цифрами на карте обозначены места расположения заповедников.

Выберите из списка названия этих заповедников.

- А. Астраханский.
- Б. Байкальский.
- В. Кроноцкий.
- Г. Кедровая Падь.
- Д. Магаданский.
- Е. Приокско-террасный.
- Ж. Уссурийский.



Укажите, какое из животных охраняется

в каждом из заповедников, обозначенных на карте:

I – Кудрявый пеликан; II – Гималайский медведь; III – Белоплечий орлан; IV – Зубр; V – Баргузинский соболь.

Укажите, какое из растений охраняется в каждом из этих заповедников, обозначенных на карте:

VI – Лотос каспийский; VII – Женьшень; VIII – Шлемник байкальский; IX – Ковыль перистый; X – Триллиум камчатский.

Для простоты считайте, что каждому заповеднику соответствует какое-то одно животное и одно растение.

**Ответ:**

Цифра на карте	Название заповедника	Охраняемое животное	Охраняемое растение
1.	Б. Байкальский	V – Баргузинский соболь*	VIII – Шлемник байкальский
2.	В. Кроноцкий	III – Белоплечий орлан	X – Триллиум камчатский
3.	Ж. Уссурийский	II – Гималайский медведь	VII – Женьшень
4.	Е. Приокско-террасный	IV – Зубр	IX – Ковыль перистый
5.	А. Астраханский	I – Кудрявый пеликан	VI – Лотос каспийский

Примечания.

\*Соболь встречается также и в других заповедниках (в Уссурийском, в Кроноцком), но самый тёмный мех – у так называемого *баргузинского* соболя, обитающего в окрестностях озера Байкал.

**Критерий:** по 1 баллу за каждое правильное соответствие по таблице. Главными считать цифры на карте (левый столбец).

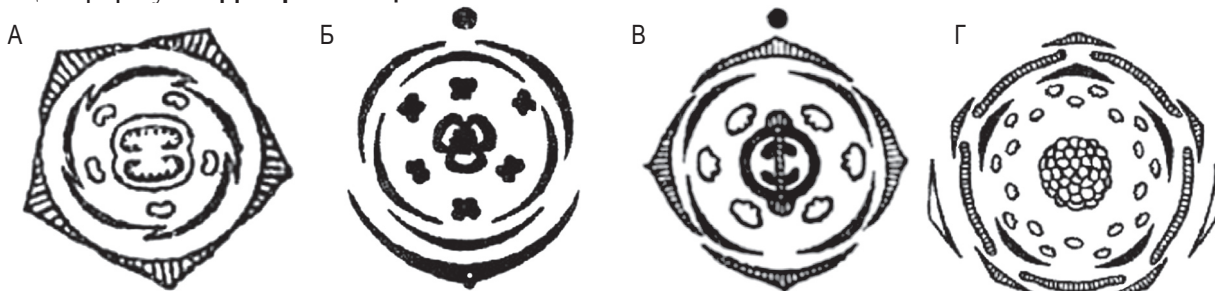
**Задача 5 (2 балла).** Назовите растительные ткани, которые употребляются в пищу в блюдах из клубней картофеля (считайте, что перед употреблением картофель моют чистят).

- А. Эпидерма.                      Б. Хлоренхима.                      В. Ксилема.                      Г. Первичная кора.  
Д. Перидерма.                      Е. Колленхима.                      Ж. Флоэма.                      З. Склеренхима.

**Ответ:** В. Ксилема. Ж. Флоэма.

**Критерий:** По 1 баллу за правильно названную ткань.

**Задача 6 (8 баллов).** Для изображенных на диаграммах цветков подберите соответствующие формулы. **Диаграммы цветков:**



**Формулы:**

- А. \*  $Ca_5Co_5A_{\infty}G_{\infty}$                       Г. \*  $Ca_0Co_{(5)}A_5G_{(2)}$                       Ж.  $\uparrow P_{(2)+2}A_3G_{(2)}$   
Б.  $\uparrow Ca_{(5)}Co_{(2,3)}A_4G_{(2)}$                       Д.  $\uparrow Ca_{(5)}Co_{5+5}A_{\infty}G_1$                       З. \*  $P_{3+3}A_{3+3}G_{(3)}$   
В. \*  $Ca_{(5)}Co_{(5)}A_5G_{(2)}$                       Е. \*  $Ca_{2+2}Co_4A_{2+4}G_{(2)}$                       И. \*  $Ca_3Co_3A_{3+3}G_{(3)}$

Ca (Calyx) – чашечка; Co (Corolla) – венчик; P (Perianthium) – простой околоцветник; A (Androeium) – андроцей, собрание тычинок; G (Gynoeium) – гинецей, собрание плодолистиков

**Ответ:** Задание предполагает умение «читать» диаграммы и формулы цветка.

На рисунке **А** показан цветок с 5 сросшимися чашелистиками, 5 сросшимися лепестками, 5 свободными тычинками и 2 сросшимися плодолистиками в центре. Такому строению соответствует только одна формула – **В. \*  $Ca_{(5)}Co_{(5)}A_5G_{(2)}$** .

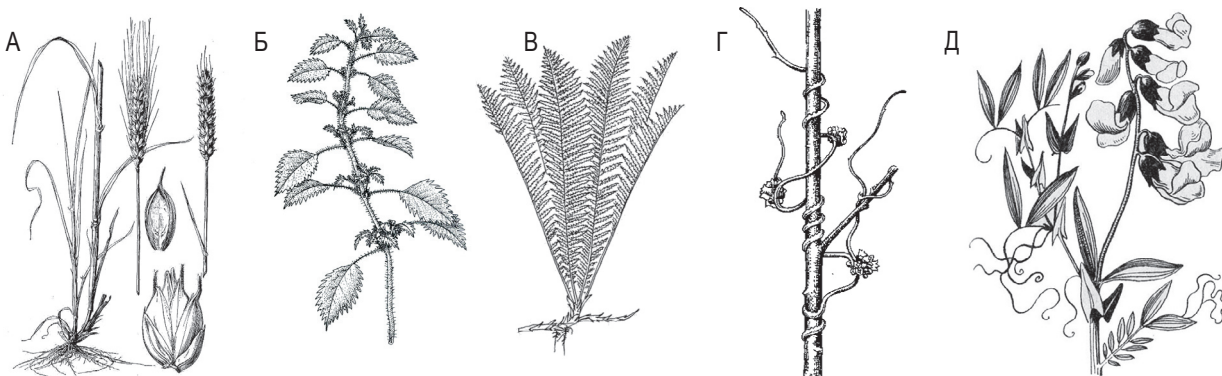
На рисунке **Б** показан цветок с 6 тычинками (три чуть-чуть дальше от центра, и еще три – чуть ближе; как говорят учёные – в двух кругах) и тремя сросшимися плодолистиками в центре (красные стрелки). Такому строению соответствует только одна формула – **З. \*  $P_{3+3}A_{3+3}G_{(3)}$** .

На рисунке **В** суммарно 4 чашелистика, 4 лепестка, 6 тычинок и 2 плодолистика. Такому цветку соответствует только одна формула: **Е. \*  $Ca_{2+2}Co_4A_{2+4}G_{(2)}$** .

На рисунке **Г** цветок с многочисленными (больше 12) тычинками и пестиками – **А. \*  $Ca_5Co_5A_{\infty}G_{\infty}$** .

**Критерий:** по 2 балла за каждое правильное соответствие. **Рис.А – В; Рис.Б – З; Рис.В – Е; Рис.Г – А.**

**Задача 7 (3 балла).** Все представленные на рисунках растения по способу получения питательных веществ относятся к одной и той же экологической группе, за исключением одного. Отметьте это растение. Как оно называется? Чем его способ питания отличается от остальных?



**Ответ:** Г – Повилика, это паразитическое растение, получающее питательные вещества от растения-хозяина.

**Критерий:** 1 балл – правильно указана буква шифра; 1 балл – правильно указано название растения; 1 балл – отмечена особенность питания растения.

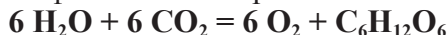
**Задача 8 (16 баллов).** В результате эксперимента было измерено, что популяция растений в течение дня образовала 268,8 литров кислорода в результате фотосинтеза (объем газа дан при нормальных условиях). Какова масса глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ), образовавшейся при этом?

Справочные данные:

атомарная масса углерода – 12, кислорода – 16, водорода – 1,  
молярный объем газов – 22,4 л (при нормальных условиях).

**Решение:**

1. (4 балла) Запишем уравнение фотосинтеза и расставим коэффициенты:



2. (4 балла) Рассчитаем молекулярную массу глюкозы

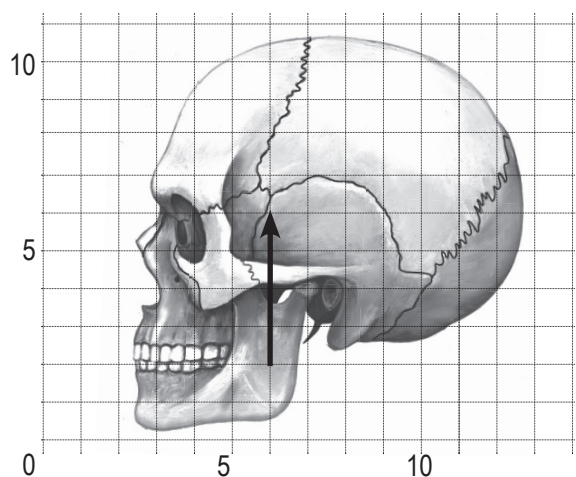
$$M(C_6H_{12}O_6) = (12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6) = 180 \text{ г/моль}$$

3. (8 баллов) Рассчитаем количество образовавшегося кислорода (при н.у. молярный объем газов равен 22,4 л/моль):  $268,8 / 22,4 = 12$  молей.

Из уравнения следует, что на каждые 6 молей кислорода приходится один моль глюкозы, следовательно глюкозы образовалось:  $12 / 6 = 2$  моля.

Рассчитаем массу образовавшейся глюкозы:  $2 \times 180 = 360$  г.

**Ответ:** 360 граммов.



**Задача 9 (16 баллов).**

А. На рисунке слева показан череп млекопитающего. Определите, к какому отряду оно относится.

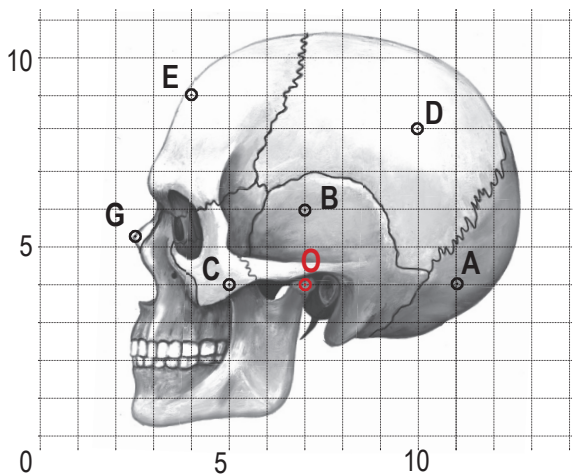
Б. На какие кости черепа приходятся точки с координатами (обозначено чёрными кругами):

- |            |               |
|------------|---------------|
| ♦ [11; 4]; | ♦ [10; 8];    |
| ♦ [7; 6];  | ♦ [4; 9];     |
| ♦ [5; 4];  | ♦ [2,5; 5,2]; |

В. Укажите координаты точки опоры рычага на нижней челюсти в форме  $[x; y]$ .

Г. При откусывании пищи жевательная и височная мышцы создали результирующую силу 400 Н, которая приложена к точке [6; 2] в направлении, показанном на рисунке вектором, и тянет

нижнюю челюсть вверх. Рассчитайте силу, с которой сжимаются зубы в точке [3; 2]. Весом нижней челюсти и трением в системе пренебречь.



### Решение:

**А (1 балл).** На рисунке показан череп человека. Человек разумный (*Homo sapiens*) относится к отряду Приматов.

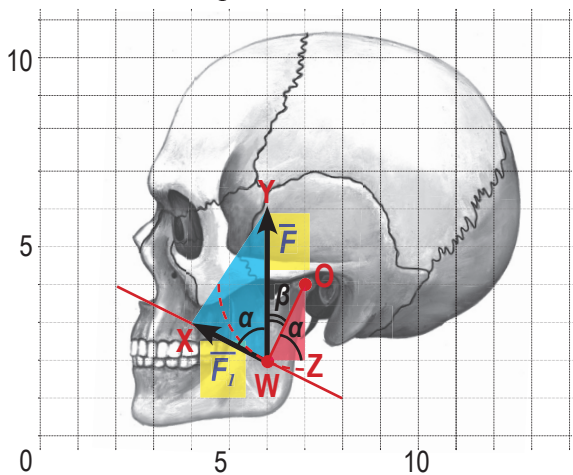
**Б (3 балла).** На какие кости черепа приходятся точки с координатами (обозначено чёрными кругами):

- ♦ [11; 4] – точка *A*: затылочная кость;
- ♦ [7; 6] – точка *B*: височная кость;
- ♦ [5; 4] – точка *C*: скуловая кость;
- ♦ [10; 8] – точка *D*: теменная кость;
- ♦ [4; 9] – точка *E*: лобная кость;
- ♦ [2,5; 5,2] – точка *G*: носовая кость.

По 0,5 балла за каждую точку.

**В (2 балла).** Координаты точки опоры рычага на нижней челюсти: **точка О [6; 4].**

**Г (10 баллов).** Результирующая сила, судя по обозначениям на рисунке, приложена к нижней челюсти в точке с координатой [6; 2]. Обозначим её как точку *W*. Именно сюда приложена сила, поднимающая челюсть вверх.



Форма челюсти довольно сложная. Тем не менее, челюсть обладает достаточной прочностью. Поэтому мы можем предположить, что челюсть должна начать вращательное движение относительно точки *O*. При этом для расчета вклада приложенной силы *F* во вращательное движение, нам потребуется узнать проекцию этого вектора на касательную к окружности, проведенную через точку *W* [6; 2]. Обозначим эту проекцию как *F*<sub>1</sub>. Очевидно, что эта проекция равна  $F_1 = F \times \cos \alpha$ .

Угол  $\angle XWY$  равен углу  $\angle OWZ$  (докажите самостоятельно). Поскольку сумма углов  $\beta + \alpha = 90^\circ$ , рассчитаем значение  $\cos \alpha$ , исходя из прямоугольного треугольника *WOZ*.

Длина гипотенузы

$$|WO| = \sqrt{|WZ|^2 + |OZ|^2} = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$$

$$\cos \alpha = |WZ| / |WO| = 1/\sqrt{5}$$

Соответственно, проекция силы *F* на касательную, проведенную в точке *W*, составляет:

$$F_1 = F \times \cos \alpha = 400 \text{ Н} \times 1/\sqrt{5} = 400 / \sqrt{5} \approx 400 / 2.24 \approx 166.7 \text{ Н}$$

Длина плеча *|OW|* приложенной силы равна  $\sqrt{5}$ .

Произведение силы на её рычаг должно быть одинаково по всей нижней челюсти, т.е.

$$F_1 \times |OW| = F_2 \times |OR|$$

Из этого соотношения вычленим силу сжатия зубов в точке *R* [3; 2]. Рассчитаем длину отрезка *|OR|*.

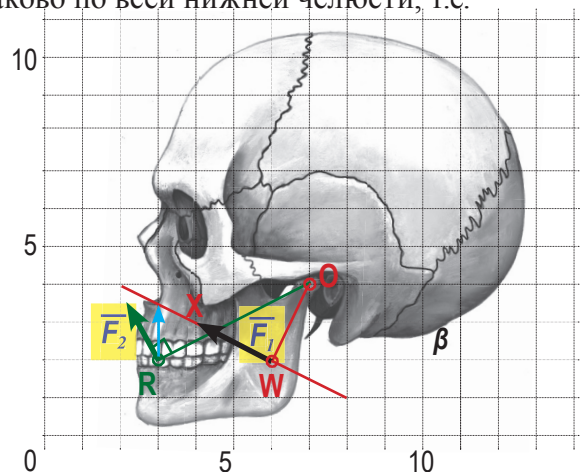
$$|OR| = \sqrt{4^2 + 2^2} = \sqrt{16 + 4} = \sqrt{20} = 2\sqrt{5}$$

Составляем пропорцию, из которой получим силу, приложенную к точке [3; 2]:

$$F_2 = [F_1 \times |OW|] / |OR| \approx [(400 / \sqrt{5}) \text{ Н} \times \sqrt{5}] / 2\sqrt{5} = 200 / \sqrt{5} = 40 \sqrt{5} \approx 89.4 \text{ Н}$$

**Ответ.** Сила, с которой сжимаются зубы в точке [3; 2], примерно равна 90 Н.

Не будет ошибкой, если в решении есть расчёт силы в строго вертикальном направлении (голубая стрелка). Величина уменьшится в  $2/\sqrt{5}$  раз, и станет равной 80 Н.

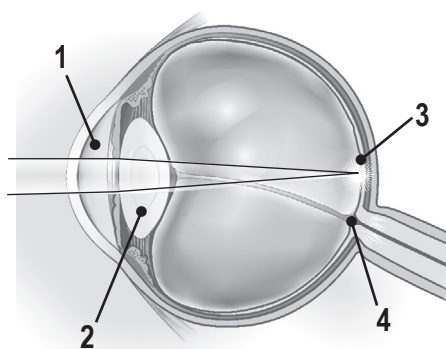


**Задача 10 (8 баллов).** На рисунке слева показана схема строения глаза.

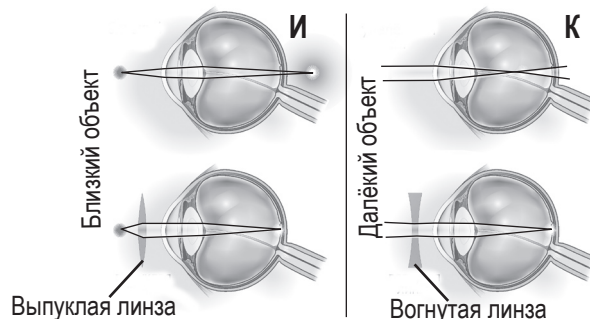
Укажите, какие структуры на рисунке обозначены цифрами 1–4:

- А. Жёлтое пятно.      Б. Роговица.      В. Радужка.      Г. Передняя камера.  
Д. Слепое пятно.      Е. Цилиарное тело.      Ж. Зрительная кора.      З. Стекловидное тело.

На остальных рисунках показан ход лучей внутри глаза при разглядывании предметов у человека при нарушениях зрения. Какие два нарушения показаны на схеме под буквами И и К?



Нормальное зрение



**Ответ:**

- 1 – Г. Передняя камера.  
2 – Хрусталик, не обозначен буквой.  
3 – А. Жёлтое пятно.  
4 – Д. Слепое пятно.

Дефекты зрения:

- И – Дальнозоркость.  
К – Близорукость.

**Критерий:** по 1 баллу за правильное название структур 1–4 на рисунке; по 2 балла за правильное название нарушения зрения.

**Итого: 100 баллов.**

# Задание 10 – 11 класса. Вариант I.

## Блок 1 [1]

**Задача 1 (4 балла).** Ознакомьтесь с предложенной ситуацией и выберите из списка форму обучения, которая наилучшим образом характеризует описанный процесс обучения животных. Формы обучения:

- А. Габитуация (от англ. *habituation* – привыкание).
- Б. Сенситизация (от лат. *sensibilis* – чувствительный).
- В. Инструментальное обучение.
- Г. Аверсия (от англ. *aversion* – отвращение).
- Д. Латентное обучение (от лат. *latens, latentis* – скрытый, тайный, невидимый).
- Е. Обучение посредством наблюдения.
- Ж. Импринтинг (от англ. *to imprint* – отпечатать, запечатлеть).
- З. Инсайт (от англ. *insight* – прозрение, озарение).

**Ситуация.** Улитка-ахатина ползёт по столу. Экспериментатор ударяет легонько по столу рукой – моллюск прячется в раковину. Через какое-то время, когда моллюск снова начинает ползти, снова следует лёгкий удар по столу – снова моллюск прячется. Через несколько таких повторений ахатина всё меньше и меньше прячется в раковину, а вскоре и вовсе перестаёт обращать внимание на сотрясение стола.

**Ответ:** А. Габитуация (от англ. *habituation* – привыкание).

**Задача 2 (3 балла).** Укажите порядок протекания фаз жизненного цикла у хламидомонады:

**а) зигота – мейоз – зооспоры – митоз – зооспоры – митоз – гаметы – половой процесс;**

б) зигота – митоз – зооспоры – митоз – зооспоры – мейоз – гаметы – половой процесс;

в) зигота – митоз – зооспоры – мейоз – зооспоры – митоз – гаметы – половой процесс;

г) зигота – мейоз – гаметы – половой процесс – митоз – зооспоры – митоз – зооспоры;

д) зигота – митоз – митоспоры – элиминация 3 спор в тетраде – митоз – зооспоры – мейоз – гаметы – половой процесс.



**Задача 3 (10 баллов).** С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рисунке.

**Семейство:** А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; В – Орхидные;  
Г – Бобовые; Д – Лилейные; Е – Злаковые.

**Цветок:** Ж – актиноморфный; З – зигоморфный;  
И – неправильный

**Завязь:** К – верхняя; Л – нижняя

**Плод:** М – ягода; Н – орешек или многоорешек;

О – костянка; П – зерновка; Р – семянка;

С – стручок или стручочек; Т – боб; У – коробочка

**Околоцветник:** Ф – двойной; Х – простой; Ц – редуцированный

**Ответ:** На рисунке представлен *Венерин башмачок (Paphiopedilum)* – растение из семейства Орхидных. Остальные «школьные» семейства явно не подходят.

**Шифр ответа:** В, З, Л, У, Ф или Х (равнозначные).

**Критерий:** по 2 балла за каждую правильную букву шифра.

**Задача 4 (14 баллов).** Изучите схему жизненного цикла паразитического червя и ответьте на вопросы.

Данный паразитический червь относится к таксону (систематической группе):

- А. Ленточные черви.
- Б. Круглые черви.
- В. Сосальщиики.**
- Г. Кольчатые черви.
- Д. Ни к одному из перечисленных.

Какие утверждения об особенностях жизненного цикла данного вида паразитов верные, а какие – нет:

**Е. В жизненном цикле два промежуточных хозяина.**

Ж. Окончательным хозяином является брюхоногий моллюск.

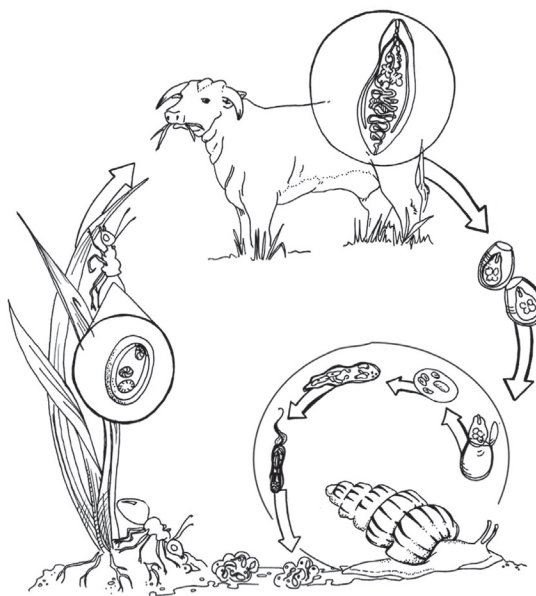
3. Жизненный цикл замыкается без выхода паразита во внешнюю среду.

**И. Окончательный хозяин заражается при поедании промежуточного хозяина.**

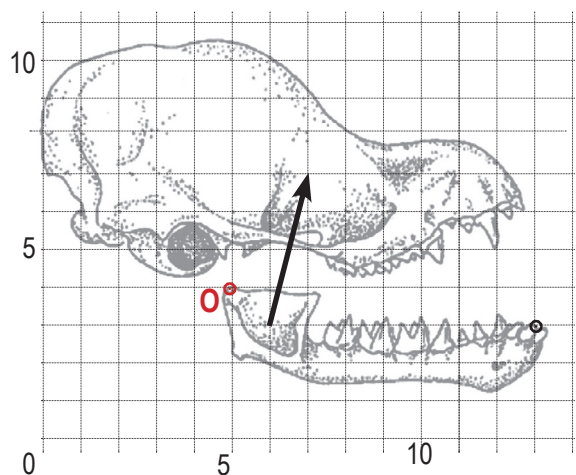
К. В ходе жизненного цикла данный паразит размножается только один раз.

**Критерий:** Правильные ответы выделены красным жирным шрифтом. Нужно правильно выбрать один ответ из **А–Д**. За один правильный выбор – 4 балла.

Далее идут 5 утверждений. Если участник не указал, верное утверждение или неверное, то ответ не засчитывается. Если правильно указаны верные и неверные утверждения, то за каждое присваивается по 2 балла. Максимальный балл за задание – 14 баллов.



## Блок 2 [ 4 ]



**Задача 5 (21 балл).**

**А (4 балла).** На рисунке слева показан череп млекопитающего. Определите, к какому отряду оно относится. **Ответ: Рукокрылые.**

**Б (4 балла).** Какой тип зубов оказался в точке с координатами [13; 3] (отмечено черной точкой)? **Ответ: Резцы.**

**В (3 балла).** Укажите координаты точки опоры рычага на нижней челюсти в форме [x; y]. **Ответ: Точка О [5; 4].**

**Г (10 баллов).** При откусывании пищи жевательная и височная мышцы создали результирующую силу 100 Н, которая приложена к определенной точке в направлении, показанном на рисунке

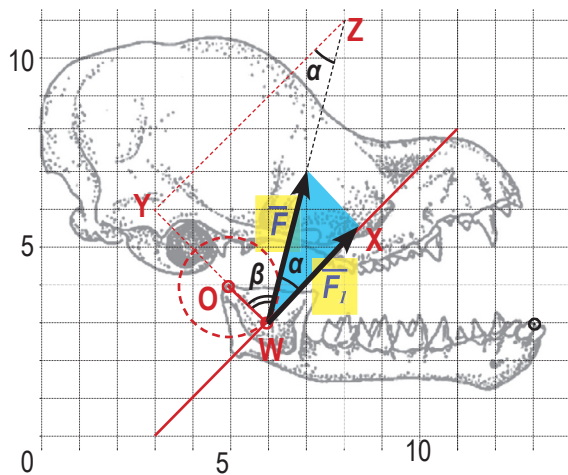
вектором, и тянет нижнюю челюсть вверх. Рассчитайте силу, с которой сжимаются зубы в точке [12; 3]. Для упрощения расчетов примите, что жевательная мышца прикреплена в точках, отмеченных стрелками. Весом нижней челюсти и трением в системе пренебречь.

**Решение.** Результирующая сила, судя по обозначениям на рисунке, приложена к нижней челюсти в точке с координатой [6; 3]. Обозначим её как точку *W*. Именно сюда приложена сила, поднимающая челюсть вверх.

Форма челюсти довольно сложная. Тем не менее, челюсть обладает достаточной прочностью. Поэтому мы можем предположить, что челюсть должна начать вращательное движение относительно точки *O*. При этом для расчета вклада приложенной силы *F* во вращательное движение, нам потребуется узнать проекцию этого вектора на касательную к окружности, проведенную через точку *W* [6; 3]. Обозначим эту проекцию как *F<sub>1</sub>*. Очевидно, что эта проекция равна  $F_1 = F \times \cos \alpha$ .

Проведём дополнительное построение: продолжим лучи [WO] и [WF] далее так, чтобы получился треугольник *WYZ* с целочисленными координатами. Угол  $\angle XWZ$  равен углу  $\angle WZY$  (докажите самостоятельно).

Теперь рассчитаем значение  $\cos \alpha$ , исходя из прямоугольного треугольника *WYZ*.



Длина гипотенузы

$$|WZ| = \sqrt{(8-6)^2 + (11-3)^2} = \sqrt{2^2 + 8^2} = \sqrt{4 + 64} = \sqrt{68}$$

Длина катета

$$|YZ| = \sqrt{(8-3)^2 + (11-6)^2} = \sqrt{5^2 + 5^2} = \sqrt{25 + 25} = \sqrt{50}$$

Отсюда

$$\cos \alpha = |YZ| / |WZ| = \sqrt{50} / \sqrt{68} = \sqrt{25} / \sqrt{34}$$

Соответственно, проекция силы  $F$  на касательную, проведённую в точке  $W$ , составляет:

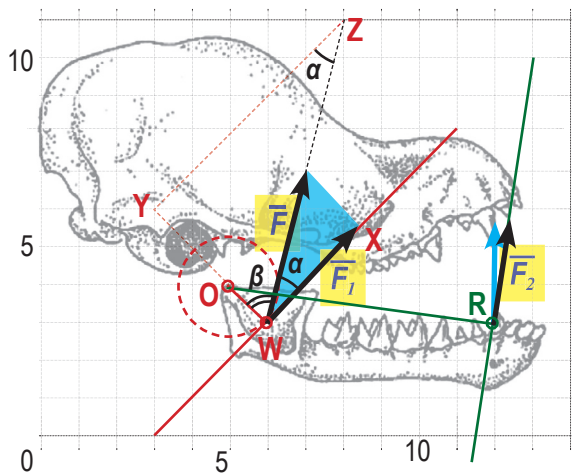
$$F_1 = F \times \cos \alpha = 100 \text{ Н} \times \sqrt{25} / \sqrt{34} = 100 \text{ Н} \times 5 / \sqrt{34} = (500 / \sqrt{34}) \text{ Н}$$

Длина плеча  $|OW|$  приложенной силы равна  $\sqrt{2}$ .

Произведение силы на её рычаг должно быть одинаково по всей нижней челюсти, т.е.

$$F_1 \times |OW| = F_2 \times |OR|$$

Из этого соотношения вычленим силу сжатия зубов в точке  $R$  [12; 3]. Рассчитаем длину отрезка  $|OR|$ .



$$|OR| = \sqrt{(12-5)^2 + (4-3)^2} = \sqrt{16 + 1} = \sqrt{17}$$

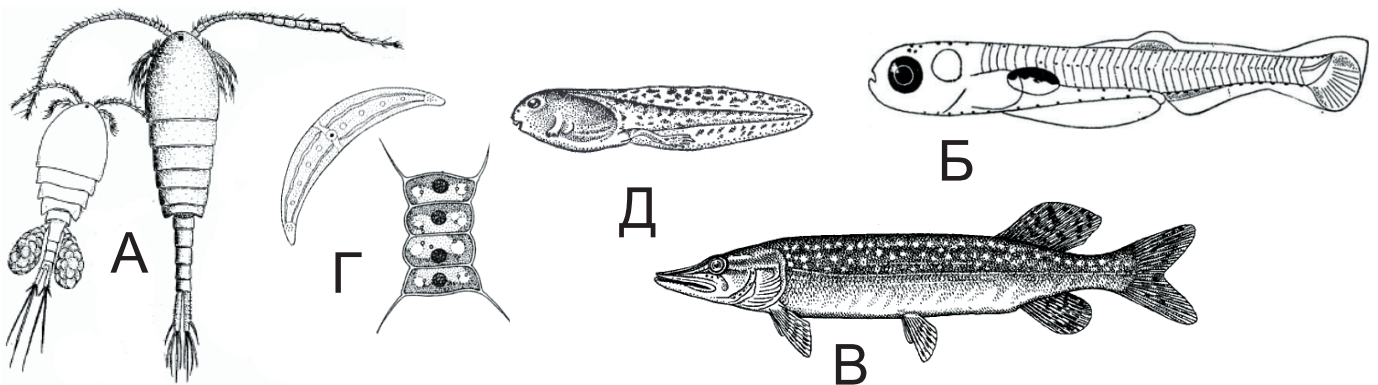
Составляем пропорцию, из которой получим силу, приложенную к точке [12; 3]:

$$F_2 = [F_1 \times |OW|] / |OR| \approx [(500 / \sqrt{34}) \text{ Н} \times \sqrt{2}] / \sqrt{17} = (500 / \sqrt{17}) \text{ Н} / \sqrt{17} = 500 / 17 \approx 29.4 \text{ Н}$$

**Ответ.** Сила, с которой сжимаются зубы в точке [12; 3], примерно равна 30 Н.

Не будет ошибкой, если в решении есть расчёт силы в строго вертикальном направлении (голубая стрелка). Величина уменьшится в  $7 / \sqrt{50}$  раз, и станет равной 29.1 Н.

**Задача 6 (4 балла).** На рисунке изображены несколько организмов (в разном масштабе). Составьте из предложенных организмов максимально длинную пищевую цепь.



**Ответ: Г-А-Б-В**

**Задача 7 (16 баллов).** С целью повышения естественной продуктивности в выростные рыборазводные пруды вносят удобрения. Оптимальное соотношение N/P для максимального развития фитопланктона составляет 15:1.

**А.** Для получения максимального прироста биомассы водорослей (10 т/га) за период откорма в пруд с двухлетками карпа предполагали добавить суммарно 10 т навоза, в котором содержание азота 0,5%, а фосфора – 0,1%. Какое количество аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) необходимо добавить дополнительно к органическим удобрениям, чтобы получить

максимальный прирост биомассы водорослей?

**Б.** Водоросли составляют 70 % рациона рыб, а 30% приходится на зоопланктон. Допустим, что двухлетки до пересадки в следующий пруд полностью съедят как фитопланктон, так и зоопланктон. Какое количество рыбного корма на основе протеинов необходимо дополнительно внести в водоём, чтобы получить прирост биомассы рыб 850 кг/га?

Примите, что прирост биомассы составляет 10% от биомассы потреблённой пищи.

**Решение.**

**А.** Рассчитаем количество селитры, которое необходимо добавить, чтобы соотношение азота и фосфора соответствовало оптимальному.

1. В навозе содержание азота и фосфора:

$(10 \text{ т} \times 0,5):100=50 \text{ кг}$  – азот

$(10 \text{ т} \times 0,1):100=10 \text{ кг}$  – фосфор, соотношение азота к фосфору 5:1, следовательно, необходимо добавить 100 кг азота ( $150:10 = 15:1$ )

**(4 балла)**

2. Рассчитаем необходимое количество селитры, в котором содержится 100 кг азота:

$(\text{NH}_4\text{NO}_3) = (2 \times 14 + 4 \times 16 + 1 \times 14 + 3 \times 16) = 80 \text{ у.е.}$ , содержание азота – 30 у.е., следовательно, 100 кг азота содержатся в  $(80 \times 100):30=266,7 \text{ кг}$  селитры.

**(4 балла)**

**Б.** Составим трофическую цепь.

Фитопланктон поедается как рыбами, так и зоопланктоном.

Допустим, что в пруду выросла биомасса зоопланктона, равная  $x$  кг.

Если считать, что в биомассу следующего трофического уровня включается только 10%, то масса водорослей, съеденных зоопланктоном, составит  $10x$ .

Очевидно, что карпам достанется  $[10000 - 10x]$  кг водорослей.

Известно, что фитопланктон составляет 70% рациона, а зоопланктон – 30% рациона.

Тогда масса зоопланктона  $[x]$  относится к массе оставшегося фитопланктона  $[10000 - 10x]$  как 30 к 70.

Отсюда составим пропорцию:

$x / [10000 - 10x] = 30 / 70 = 3/7$ , откуда выразим массу зоопланктона:

$7x = [10000 - 10x] \times 3$

$7x = 10000 - 30x$

$37x = 10000$

$x = 270,3 \text{ кг}$

Фитопланктона при этом останется:

$10000 - 270,3 \times 10 = 10000 - 2703 = 7297 \text{ кг}$

Суммарно рыбы съедят  $7297 + 270,3 \text{ кг} = 7567,3 \text{ кг}$

Т.е. прирост биомассы рыб составит 271 кг **(4 балла)**

Чтобы получить 850 кг/га, рыбы за счет добавленного корма должны прибавить:

$850 - 271 = 579 \text{ кг}$ , следовательно, белкового корма необходимо добавить 5790 кг **(4 балла)**

**Ответ:**

**А** – добавить 286 кг аммиачной селитры

**Б** – прирост двухлеток составит 270 кг/га, а чтобы достичь прироста 850 кг/га, нужно дополнительно добавить 5790 кг корма.

**Задача 8 (4 балла).** На рисунке ► показана схема строения уха. Укажите, какие структуры на рисунке обозначены цифрами 1–4:

**А.** Евстахиева труба.

**Б.** Ушная раковина – 1.

**В.** Барабанная перепонка.

**Г.** Полукружный канал – 2.

**Д.** Слуховой нерв – 4.

**Е.** Ушной канал.

**Ж.** Улитка.

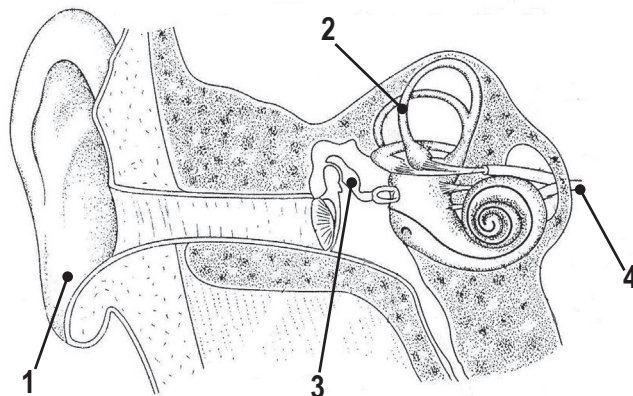
**З.** Наковальня – 3.

**И.** Гиппокамп.

**К.** Стремечко.

**Л.** Сильвиев проток.

**М.** Молоточек.

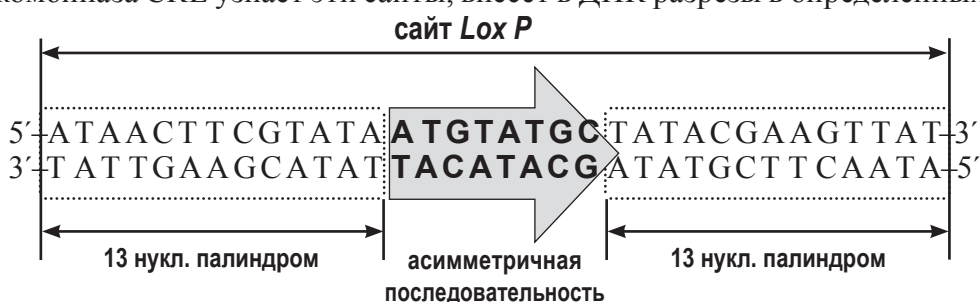


### Блок 3 [ 3 ]

В современной генетической инженерии часто применяют технологии, связанные с гомологичной рекомбинацией ДНК непосредственно в живом объекте. Один из примеров – система CRE-LoxP.

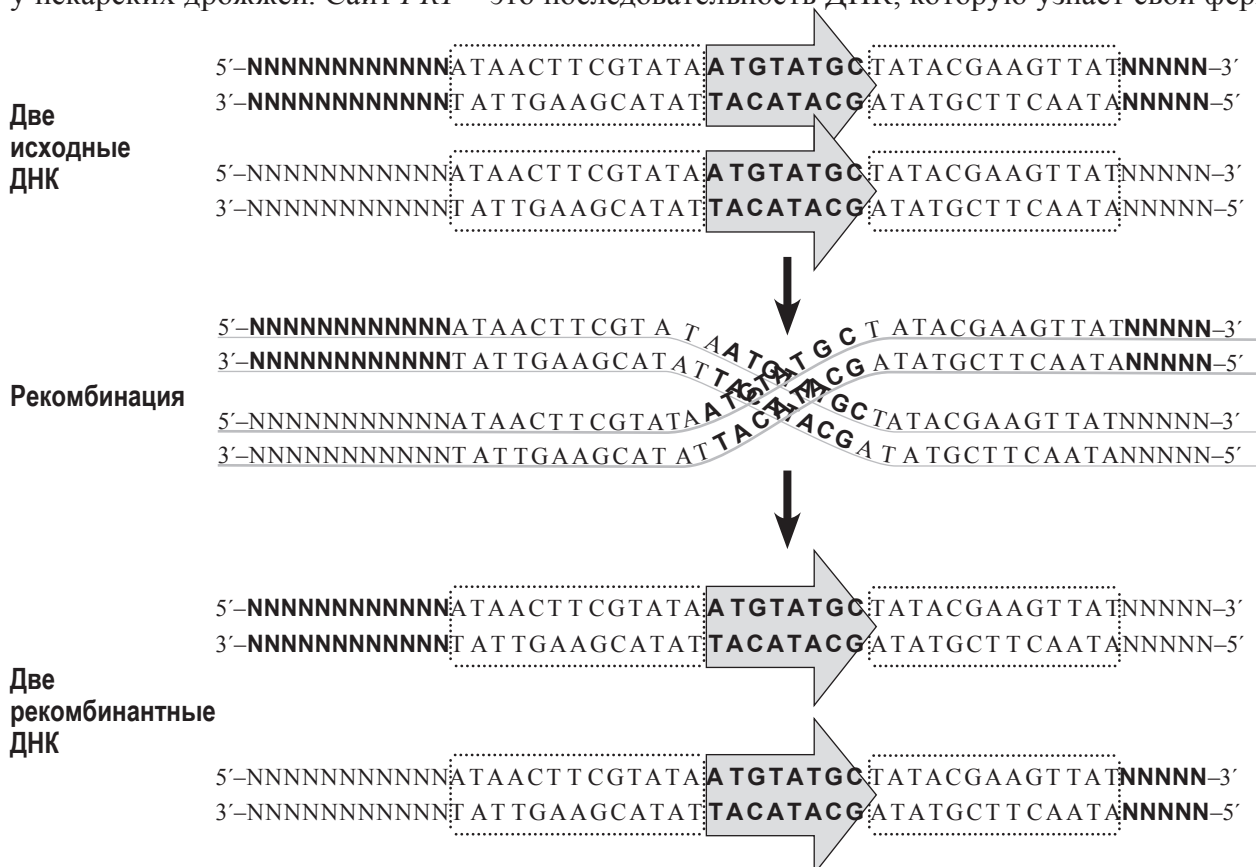
*LoxP* – это последовательность нуклеотидов в ДНК фага P1. Она состоит из 34 нуклеотидов. В середине располагается несимметричная последовательность из 8 нуклеотидов (показана серой стрелкой на рисунке). По краям располагаются так называемые палиндромные последовательности из 13 нуклеотидов (выделены на рисунке как пунктирные блоки). Они симметричны (чтобы в этом убедиться, достаточно прочитать обе последовательности от 5'-конца к 3'-концу). Именно эти палиндромные участки узнаёт особый фермент, вызывающий рекомбинацию, который обозначают CRE. Будем в дальнейшем называть этот фермент рекомбиназой CRE.

Для того, чтобы состоялась рекомбинация, два сайта *LoxP* должны расположиться параллельно друг другу. Рекомбиназа CRE узнает эти сайты, внесет в ДНК разрезы в определённых местах, а затем



соединит по-новому две нити ДНК (т.е. произойдет рекомбинация).

Аналогично работает и другая система гомологичной рекомбинации – Flp-FRT, обнаруженная у пекарских дрожжей. Сайт *FRT* – это последовательность ДНК, которую узнает свой фермент гомо-



логичной рекомбинации – флиппаза (Flp). При рекомбинации две молекулы ДНК должны ориентироваться параллельно друг другу сайтами *FRT*, и только в этом случае произойдет рекомбинация.

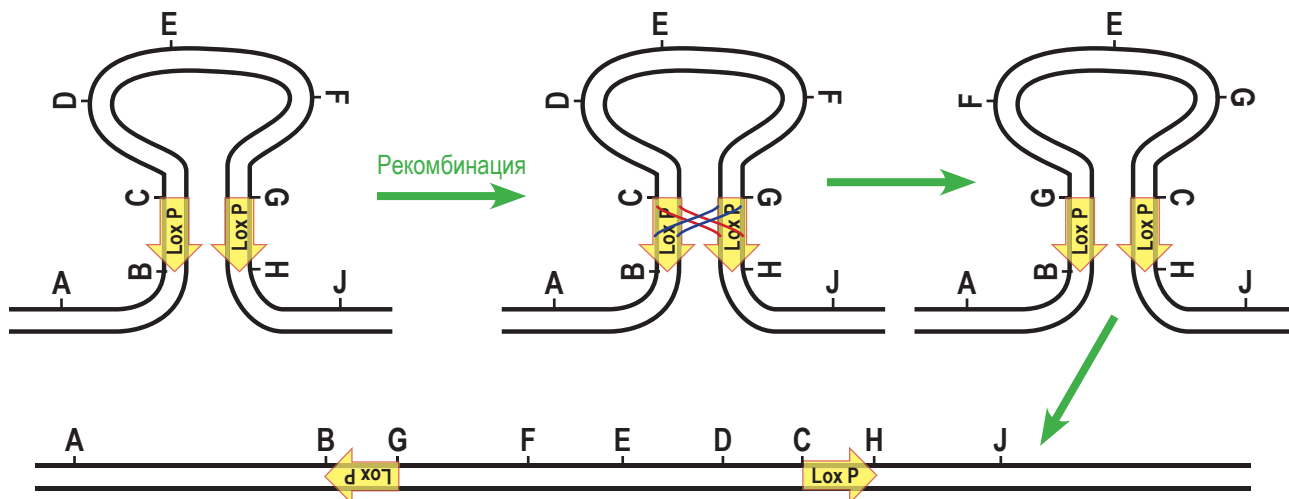
Заметим, что флиппаза Flp узнает только свою последовательность *FRT*, но не может работать с сайтами *LoxP*, а рекомбиназа CRE узнает только свои сайты *LoxP*, но не работает с сайтами *FRT*.

**Предварительное доказательство (лемма) к задаче 9 (5 баллов).**

**1 (2 балла).** Докажем, что при гомологичной рекомбинации по «перевернутым» (инвертированным) повторам происходит «переворот» последовательности ДНК, находящейся между повторами. Для этого нарисуем молекулу ДНК и условно обозначим на ней буквами несколько точек.



Затем «изогнём» молекулу так, чтобы повторы, обозначенные стрелками, встали параллельно друг другу. После обмена участками и «распрямления» окажется, что центральная

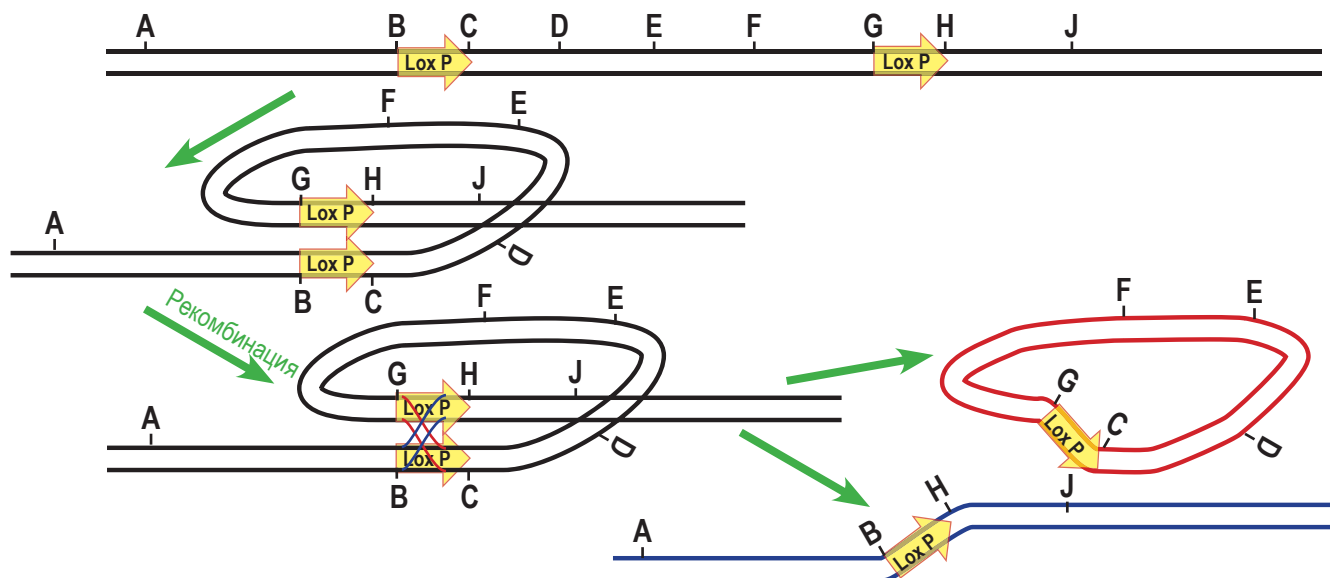


часть между повторами «перевернулась».

**2 (3 балла).** Докажем, что при гомологичной рекомбинации по прямым повторам происходит образование кольцевой ДНК, при этом из линейной последовательности ДНК «удаляется» участок, находящейся между повторами. Для этого используем тот же приём: нарисуем молекулу ДНК и условно обозначим на ней буквами несколько точек.

Только в этом случае для того, чтобы прямые повторы встали параллельно друг другу, придётся хитроумно изогнуть молекулу так, чтобы от конца одного из повторов (точка C) шли точки D, E, F, а потом начинался новый повтор (в точке G).

После рекомбинации точки C и G поменяются местами, и в результате получится кольцевая ДНК (C, D, E, F, G) и линейный участок (A, B, H, J). Будем считать, что кольцевая ДНК как бы «исчезает» (не может реплицироваться в клетке).

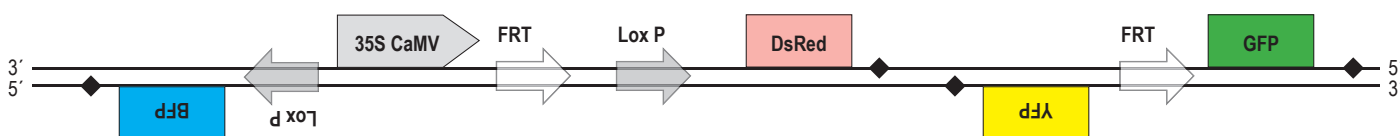


### Задача 9 (8 баллов).

Для исследования различных процессов в живых организмах используют флуоресцентные белки. При облучении, например, ультрафиолетовым светом такой белок светится в видимой части спектра. Получены зеленый (GFP, green fluorescent protein), синий (BFP, blue fluorescent protein), желтый (YFP, yellow fluorescent protein) и даже красный (DsRed, из коралла *Discosoma striata*) флуоресцентные белки. В генно-инженерных конструкциях их ставят под определенные промоторы. В зависимости от этого в живом объекте светятся разные части.

35 *CaMV* – промотор, который работает во всех клетках растений. Генный инженер создал конструкцию, схематическая карта которой приведена ниже. Промотор условно изображён в форме пятиугольника, кодирующие части генов – в форме серых прямоугольников, сайты *Lox P* и *FRT* – в виде стрелок, показывающих направление асимметричной части. Для получения белкового продукта необходимо, чтобы кодирующая часть оказалась на той же цепи ДНК, что и промотор, находилась в верной ориентации (и при этом – в сторону 5'-конца нити ДНК относительно промотора). Последовательности *Lox P* и *FRT* достаточно короткие и не мешают считыванию и-РНК. Чёрными ромбами обозначены терминаторы транскрипции. Считайте, что в этом месте матричный синтез и-РНК прекращается.

А. Каким цветом должны светиться клетки, в которых содержится данная генно-инженерная



конструкция? Почему?

Б. Нарисуйте в тех же условных обозначениях структуру приведённого участка ДНК после действия рекомбиназы CRE. (Считайте, что при этом рекомбинация произошла только один раз!) Изменится ли после этого свечение клеток?

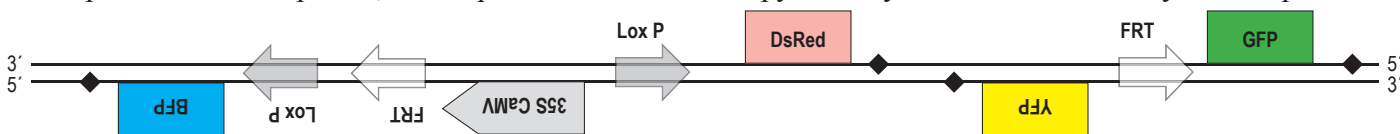
В. Нарисуйте в тех же условных обозначениях структуру приведённого участка ДНК после действия флиппазы F<sub>lp</sub>. (Считайте, что при этом рекомбинация произошла только один раз!) Изменится ли после этого свечение клеток?

Г. Предположим, что на исходную последовательность ДНК в генно-инженерной конструкции сначала действовали рекомбиназой CRE, а после этого – флиппазой F<sub>lp</sub>. Нарисуйте схему строения ДНК для этого случая. Каким будет свечение клеток?

### Решение.

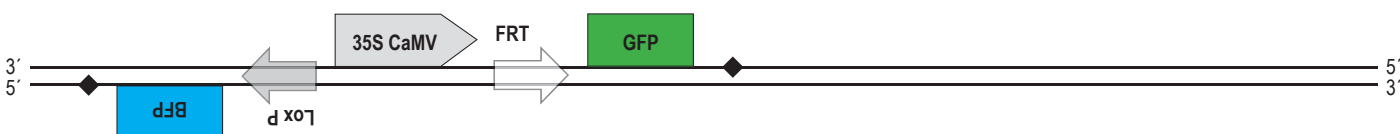
**А (2 балла).** Поскольку после 35S-промотора на той же цепи ДНК располагается кодирующая часть гена DsRed, клетки должны светиться красным светом.

**Б (2 балла).** Рекомбиназа CRE узнаёт последовательности *Lox P*. Если повторы расположены инвертированно, то произойдёт «переворот» последовательности ДНК, расположенной между повторами. Таким образом, после рекомбинации конструкция будет выглядеть следующим образом:



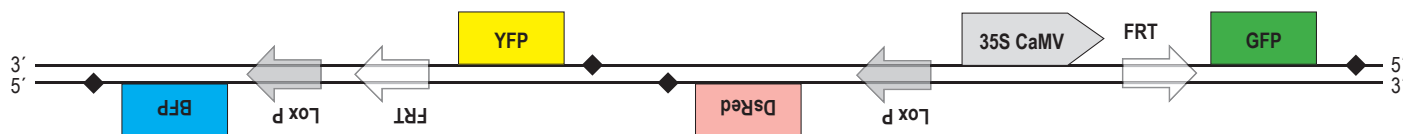
Свечение клеток изменится, поскольку после промотора на той же цепи ДНК окажется ген *BFP*, обеспечивающий синее свечение клеток.

**В (2 балла).** При рекомбинации по прямым повторам происходит потеря участка ДНК, расположенного между ними. Из двух повторов остаётся только один. Таким образом, после рекомбинации по сайтам *FRT* конструкция будет выглядеть следующим образом:



Клетки будут светиться зелёным светом за счёт того, что под промотором оказалась кодирующая последовательность гена *GFP*.

**Г (2 балла).** После действия рекомбиназы CRE те последовательности, на которые может действовать флиппаза F<sub>lp</sub>, «перевернулись», и вместо прямых стали инвертированными. После рекомбинации участок между ними также должен «перевернуться»:



В этом случае клетки также будут светиться зелёным светом за счёт того, что под промотором оказалась кодирующая последовательность гена *GFP*.

### Задача 10 (11 баллов).

В геном одного из растений ввели генно-инженерную конструкцию, похожую на использованную в предыдущем задании. Но промотор был заменён на другой – *APETALA 3*, который включается в лепестках и тычинках. В дальнейшем получили чистую линию трансгенных растений (линия №1).

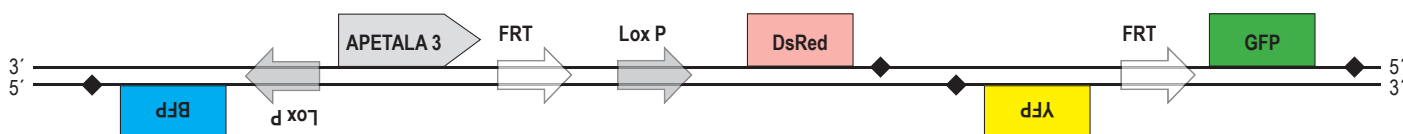


Рис 1.

Другие растение трансформировали конструкцией, в которой кодирующая часть гена *CRE* была поставлена под промотор *LEA*, активирующийся на поздних стадиях формирования зародыша, а кодирующая часть гена *Flp* – под промотор *CAULIFLOWER*, который активен в чашелистиках и лепестках. После этого удалось получить чистую линию №2.

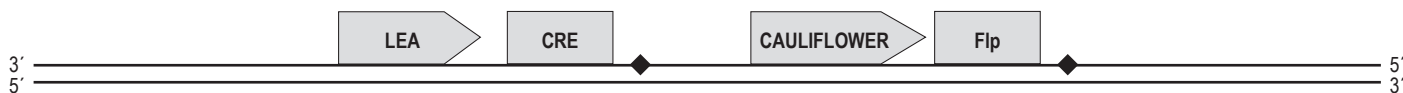


Рис 2.

**А (2 балла).** Какие органы будут светиться у растений из линии №1? Растений из линии №2?

**Ответ:** Красным светом будут светиться лепестки и тычинки, поскольку промотор *APETALA 3* активен именно в этих органах. У линии №2 свечения не будет, поскольку в неё не были введены гены, кодирующие флуоресцентные белки.

**Б (2 балла).** Каким будет фенотип растений первого поколения гибридов между линиями №1 и №2? Для обоснования ответа опишите структуру генно-инженерной конструкции с флуоресцентными белками.

**Ответ:** Поскольку рекомбиназа CRE подействовала на поздних этапах развития зародыша, то у всех потомков F<sub>1</sub> произойдёт рекомбинация по сайтам *LoxP*. Строение этого участка ДНК будет следующим:

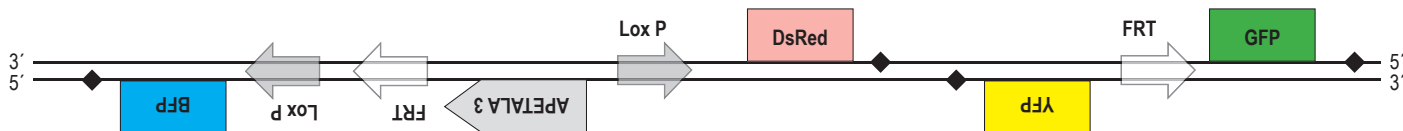


Рис 3.

В чашелистиках и лепестках на эту последовательность ДНК подействует флиппаза. Это приведёт к тому, что участок между сайтами *FRT* «перевернётся»:

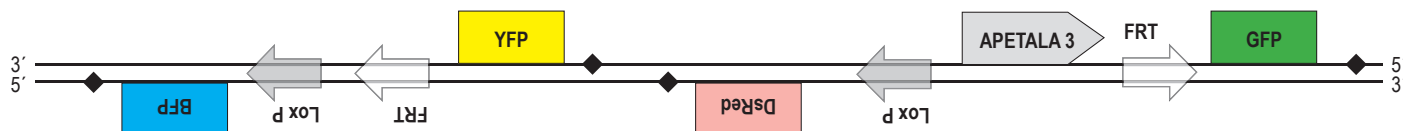


Рис 4.

Это означает, что после включения промотора *APETALA 3* в лепестках и тычинках лепестки будут светиться зелёным светом (результат двух рекомбинаций), а тычинки – синим светом (результат только одной рекомбинации). Остальные части растения не должны светиться.

**В.** Каким будет расщепление по фенотипам и генотипам среди потомков второго поколения, полученных при самоопылении гибридов первого поколения? Считайте, что генно-инженерные конструкции наследуются независимо, а кроссинговер внутри конструкций не происходит.

**Решение.**

Условно обозначим исходную вставку, несущую гены флуоресцирующих белков, в линии №1 как  $L_1$  (см. рисунок 1 в условии задачи), а отсутствие вставки обозначим как  $l_0$ .

Аналогично обозначим генно-инженерную конструкцию, несущую гены рекомбиназы и флипазы, в линии №2 как  $R$  (см. рис. 2), а отсутствие вставки будем обозначать как  $r_0$ .

Тогда генотипы родительских линий:

**Р:** Линия №1 –  $L_1L_1 r_0r_0$  × Линия №2  $l_0l_0 RR$

Сразу после скрещивания генотипы зигот:

**F1:**  $L_1l_0 Rr_0$

**(2 балла за генотипы без учёта рекомбинации)**

Но уже при формировании зародыша «включится» рекомбиназа CRE, что приведёт к изменению структуры ДНК-вставки  $L_1$ . Обозначим получившийся вариант вставки, которая потенциально могла бы светиться синим светом, как  $L_2$  (см. рис. 3 из ответа Б).

Ни в пестиках, ни в тычинках гены CRE и Flp не «включаются» (не экспрессируются), поэтому потомкам F2 могут достаться либо  $L_2$ , либо  $l_0$ .

Гаметы:  $\frac{1}{4} L_2R$        $\frac{1}{4} L_2r$        $\frac{1}{4} l_0R$        $\frac{1}{4} l_0r$

Генотипы зигот сразу после образования

**(1 балл за расщепление во втором поколении без учета рекомбинации):**

	$\frac{1}{4} L_2R$	$\frac{1}{4} L_2r$	$\frac{1}{4} l_0R$	$\frac{1}{4} l_0r$
$\frac{1}{4} L_2R$	$L_2L_2 RR$	$L_2L_2 Rr$	$L_2l_0 RR$	$L_2l_0 Rr$
$\frac{1}{4} L_2r$	$L_2L_2 Rr$	$L_2L_2 rr$	$L_2l_0 Rr$	$L_2l_0 rr$
$\frac{1}{4} l_0R$	$L_2l_0 RR$	$L_2l_0 Rr$	$l_0l_0 RR$	$l_0l_0 Rr$
$\frac{1}{4} l_0r$	$L_2l_0 Rr$	$L_2l_0 rr$	$l_0l_0 Rr$	$l_0l_0 rr$

Жёлтой заливкой показаны генотипы, в которых не присутствует вставка с рекомбиназами, поэтому генотипы изменяться не будут. Красными точечными рамками показаны генотипы, в которых нет вставку с флуоресцентными белками. В этом случае рекомбинации также не будет. У этих  $\frac{1}{4}$  растений с генотипом  $l_0l_0$  свечения не будет ни в одном из органов.

У  $\frac{3}{16}$  растений с генотипом  $L_2l_0 rr$  будет свечение и чашелистиков, и лепестков синим светом.

**(1 балл за указание фенотипов)**

У остальных  $\frac{9}{16}$  растений с генотипами  $L_2$ -  $R$ - на поздних этапах образования зародыша произойдёт рекомбинация по сайтам *LoxP*. Вставка перейдёт обратно в форму  $L_1$ , которая будет сохраняться по мере вегетативного развития. При образовании лепестков и чашелистиков начнёт экспрессироваться ген *Flp*, что приведёт к рекомбинации по прямым повторам *FRT*. Участок между ними, содержащий гены *DsRed* и *YFP*, будет утрачен, а промотор APETA-LA 3 как бы «приблизится» к кодирующей части гена *GFP*. Таким образом, лепестки у этих растений будут светиться зелёным светом, а тычинки – красным.

**(3 балла за анализ рекомбинации и активности генов у потомков F2).**

**Ответ:** среди потомков второго поколения  $\frac{1}{4}$  растений не будут светиться вообще, у  $\frac{3}{16}$  растений и чашелистики, и лепестки будут светиться синим светом, а у оставшихся  $\frac{9}{16}$  растений лепестки будут светиться зелёным, тогда как свечение тычинок будет красным.

## Задание 10 – 11 класса. Вариант II.

### Блок 1 [4]

**Задача 1 (4 балла).** Ознакомьтесь с предложенной ситуацией и выберите из списка форму обучения, которая наилучшим образом характеризует описанный процесс обучения животных. Формы обучения:

- А. Габитуация (от англ. *habituation* – привыкание).
- Б. Сенситизация (от лат. *sensibilis* – чувствительный).
- В. Инструментальное обучение.
- Г. Аверсия (от англ. *aversion* – отвращение).
- Д. Латентное обучение (от лат. *latens, latentis* – скрытый, тайный, невидимый).
- Е. Обучение посредством наблюдения.
- Ж. Импринтинг (от англ. *to imprint* – отпечатать, запечатлеть).
- З. Инсайт (от англ. *insight* – прозрение, озарение).

**Ситуация.** Студент в общежитии решил подкрепиться за чужой счёт. Он залез в общественный холодильник и стащил оттуда чью-то зелёную котлетку и немедленно её съел. Через пару часов студент почувствовал признаки сильного пищевого отравления. Помучившись целый день, он выздоровел и в течение следующих трёх месяцев избегал зелёных котлеток в холодильнике.

**Ответ: Г. Аверсия.**

**Задача 2 (3 балла).** Укажите порядок расположения тканей листа С-4 растений (сверху вниз):

- а) эпидерма – мезофилл – ксилема – клетки обкладки – флоэма;
- б) эпидерма – клетки обкладки – мезофилл – ксилема – флоэма;
- в) эпидерма – столбчатый мезофилл – флоэма – ксилема – губчатый мезофилл;
- г) столбчатый мезофилл – ксилема – эпидерма – флоэма – губчатый мезофилл;
- д) эпидерма – мезофилл – клетки обкладки – ксилема – флоэма.**



**Задача 3 (10 баллов).** С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рис.

**Семейство:** А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; В – Паслёновые; Г – Бобовые; Д – Лилейные; Е – Злаковые.

**Цветок:** Ж – актиноморфный; З – зигоморфный; И – неправильный

**Завязь:** К – верхняя; Л – нижняя

**Плод:** М – ягода; Н – орешек или многоорешек; О – костянка; П – зерновка; Р – семянка; С – стручок или стручочек; Т – боб; У – коробочка

**Околоцветник:** Ф – двойной; Х – простой; Ц – редуцированный.

**Ответ:** На рисунке представлен *Шиповник майский* – растение из семейства Розоцветных (типовой представитель «школьного» семейства).

**Шифр ответа: А, Ж, К, Н, Ф.**

**Критерий:** по 2 балла за каждую правильную букву шифра.

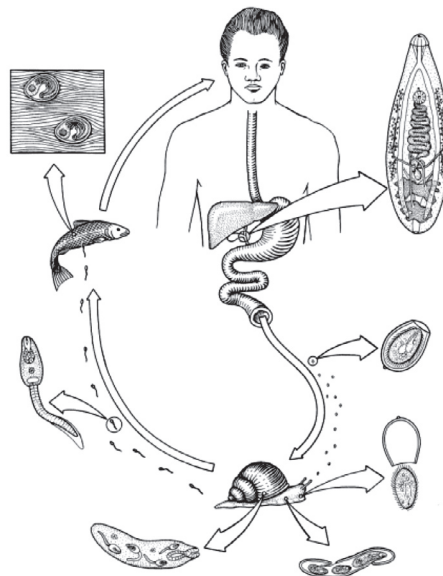
**Задача 4 (14 баллов).** Изучите схему жизненного цикла паразитического червя и ответьте на вопросы.

Данный паразитический червь относится к таксону (систематической группе):

- А. Ленточные черви.
- Б. Круглые черви.
- В. Сосальщики.**
- Г. Кольчатые черви.
- Д. Ни к одному из перечисленных.

Какие утверждения об особенностях жизненного цикла данного вида паразитов верные, а какие – нет:

- Е. В жизненном цикле два промежуточных хозяина.**
- Ж. Человек является окончательным хозяином данного паразита.**
- З. Все хозяева заражаются данным паразитом в процессе питания.
- И. В жизненном цикле две разных личиночных стадии, плавающих в воде.
- К. Данный паразит размножается в каждом из своих хозяев.



Далее идут 5 утверждений. Если участник не указал, верное утверждение или неверное, то ответ не засчитывается. Если правильно указаны верные и неверные утверждения, то за каждое присваивается по 2 балла. Максимальный балл за задание – 14 баллов.

### Задача 5 (21 балл).

**Б (4 балла).** Какой тип зубов оказался в точке с координатами [13,5; 8] (отмечено черной точкой)?

**В (3 балла).** Укажите координаты точки опоры рычага на нижней челюсти в форме  $[x; y]$ .

**Г (10 баллов).** При откусывании пищи жевательная и височная мышцы создали результирующую силу 50 Н, которая приложена к точке [7; 3] в направлении, показанном на рисунке вектором, и тянет нижнюю челюсть вверх. Рассчитайте силу, 4]. Весом нижней челюсти и трением в системе

**Решение.** Результирующая сила, судя по обозначениям на рисунке, приложена к нижней челюсти в точке с координатой  $[7; 3]$ . Обозначим её как точку  $W$ . Именно сюда приложена сила, поднимающая челюсть вверх.

Из чертежа очевидно, что луч  $[WZ)$  является биссектрисой прямого угла  $\angle OWX$ . Таким образом,  $\alpha = 45^\circ$ .

Длина плеча  $|OW|$  приложенной силы равна  $2\sqrt{2}$ .

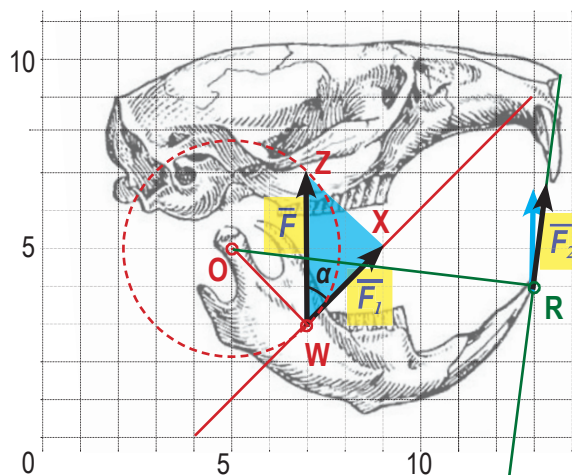
Произведение силы на её рычаг должно быть одинаково по всей нижней челюсти, т.е.

Из этого соотношения вычлним силу сжатия зубов в точке  $R$  [13; 4]. Рассчитаем длину отрезка  $|OR|$ .

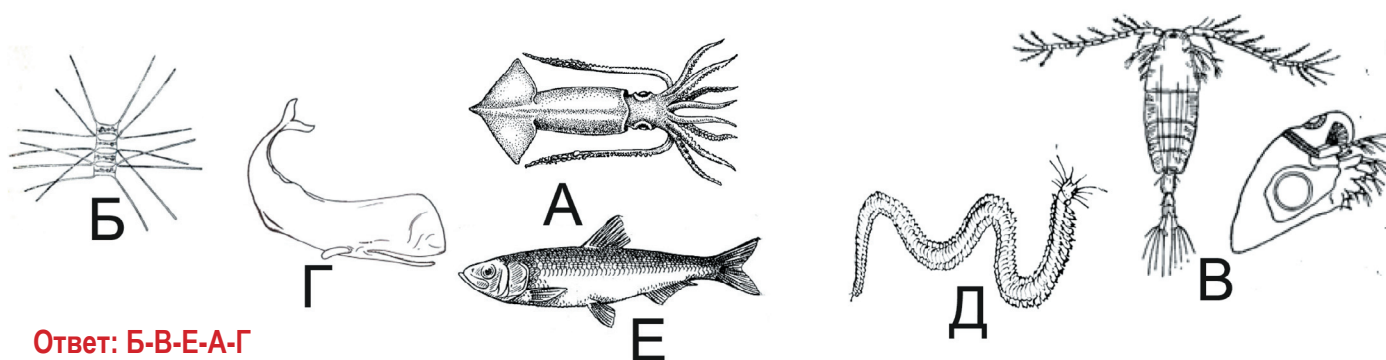
Составляем пропорцию, из которой получим силу, приложенную к точке [13; 4]:

$$F_2 = [F_1 \times |OW|] / |OR| = [(50 / \sqrt{2}) \text{ H} \times 2\sqrt{2}] / \sqrt{65} = (100 / \sqrt{65}) \text{ H} \approx 12.4 \text{ H}$$

Не будет ошибкой, если в решении есть расчёт силы в строго вертикальном направлении (голубая стрелка). Величина уменьшится в  $8 / \sqrt{65}$  раз, и станет равной 12.3 Н.



**Задача 6 (4 балла).** На рисунке изображены несколько организмов (в разном масштабе). Составьте из предложенных организмов максимально длинную пищевую цепь.



**Ответ: Б-В-Е-А-Г**

**Задача 7 (16 баллов).** При совместном выращивании толстолобика и бестера (гибрид стерляди и белуги). В выростные рыбопродуктивные пруды вносят удобрения. Оптимальное соотношение N/P для максимального развития фитопланктона составляет 15:1.

**А.** Для получения максимального прироста биомассы водорослей (10 т/га) за период откорма в пруд предполагали добавить суммарно 10 т навоза, в котором содержание азота 0,5%, а фосфора – 0,1%. Какое количество мочевины ( $\text{NH}_2\text{--CO--NH}_2$ ) необходимо добавить дополнительно к органическим удобрениям, чтобы получить максимальный прирост биомассы растений?

**Б.** Какой прирост биомассы толстолобика и бестера можно получить за период откорма, если толстолобик питается только фитопланктоном (считать, что он съест 60% фитопланктона). Бестер питается зоопланктоном, который развивается в пруду.

Примите, что прирост биомассы составляет 10% от биомассы потреблённой пищи.

**Решение:**

**А.** Рассчитаем количество мочевины, которое необходимо добавить, чтобы соотношение азота и фосфора соответствовало оптимальному.

1. В навозе содержание азота и фосфора:

$$(10 \text{ т} \times 0,5) : 100 = 50 \text{ кг} - \text{азот}$$

$(10 \text{ т} \times 0,1) : 100 = 10 \text{ кг} - \text{фосфор}$ , соотношение азота к фосфору 5:1, следовательно, необходимо добавить 100 кг азота ( $150:10 = 15:1$ )

**(4 балла)**

2. Рассчитаем необходимое количество мочевины, в котором содержится 10 кг азота:

$(\text{NH}_2\text{--CO--NH}_2) = (2 \times 14 + 12 + 16 + 4 \times 1) = 60 \text{ у.е.}$ , содержание азота – 28 у.е., следовательно, 100 кг азота содержатся в  $(60 \times 100) : 28 = 214 \text{ кг}$  мочевины.

**(4 балла)**

**Б.** Составим трофическую цепь.

Пусть прирост биомассы зоопланктона составил  $x$  кг.

Если считать, что в биомассу следующего трофического уровня включается только 10%, то масса водорослей, съеденных зоопланктоном, составит  $10x$ .

Очевидно, что толстолобики съедят  $[10000 - 10x]$  кг водорослей.

Известно, что 60% фитопланктона съедают толстолобики, а зоопланктон – 40% – бестеры.

Тогда масса зоопланктона  $[x]$  относится к массе оставшегося фитопланктона  $[10000 - 10x]$  как 40 к 60.

Отсюда составим пропорцию:

$$x / [10000 - 10x] = 40 / 60 = 2/3, \text{ откуда выразим массу зоопланктона:}$$

$$3x = [10000 - 10x] \times 2$$

$$3x = 20000 - 20x$$

$$23x = 20000$$

$$x = 870 \text{ кг} - \text{прирост зоопланктона, следовательно, бестеры прибавят } 870 : 10 = 87 \text{ кг/га}$$

**(4 балла)**

Данный зоопланктон съел  $870 \times 10 = 8700 \text{ кг}$  водорослей, тогда на долю толстолобиков

останется  $10000 - 8700 = 1300$  кг/га водорослей и прирост их биомассы составит 130 кг/га.

**(4 балла)**

**Ответ:**

**А** – добавить 214 кг мочевины

**Б** – прирост толстолобика составит 130 кг/га, а бестера – 87 кг/га

**Задача 8 (4 балла).** На рисунке ► показана схема строения глаза. Укажите, какие структуры на рисунке обозначены цифрами 1–4:

**А. Слепое пятно – 2.**

**Б. Роговица – 1.**

**В.** Стекловидное тело.

**Г.** Островок Лангерганса.

**Д. Зрительный нерв – 3.**

**Е.** Сетчатка.

**Ж.** Зрачок.

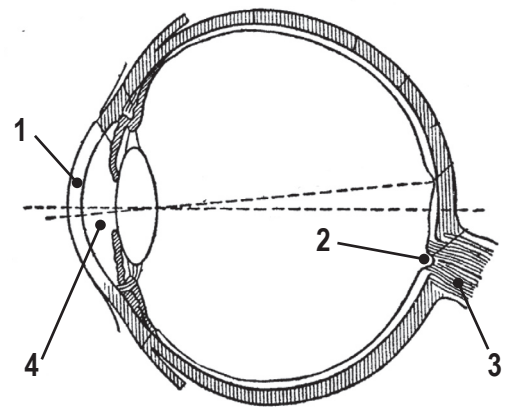
**З.** Радужная оболочка.

**И.** Коронарный сосуд.

**К.** Хрусталик.

**Л.** Склера.

**М. Передняя камера – 4.**

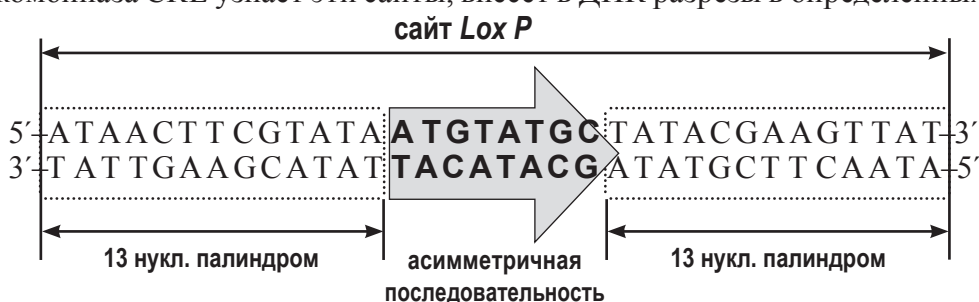


### Блок 3 [ 4 ]

В современной генетической инженерии часто применяют технологии, связанные с гомологичной рекомбинацией ДНК непосредственно в живом объекте. Один из примеров – система CRE-Lox P.

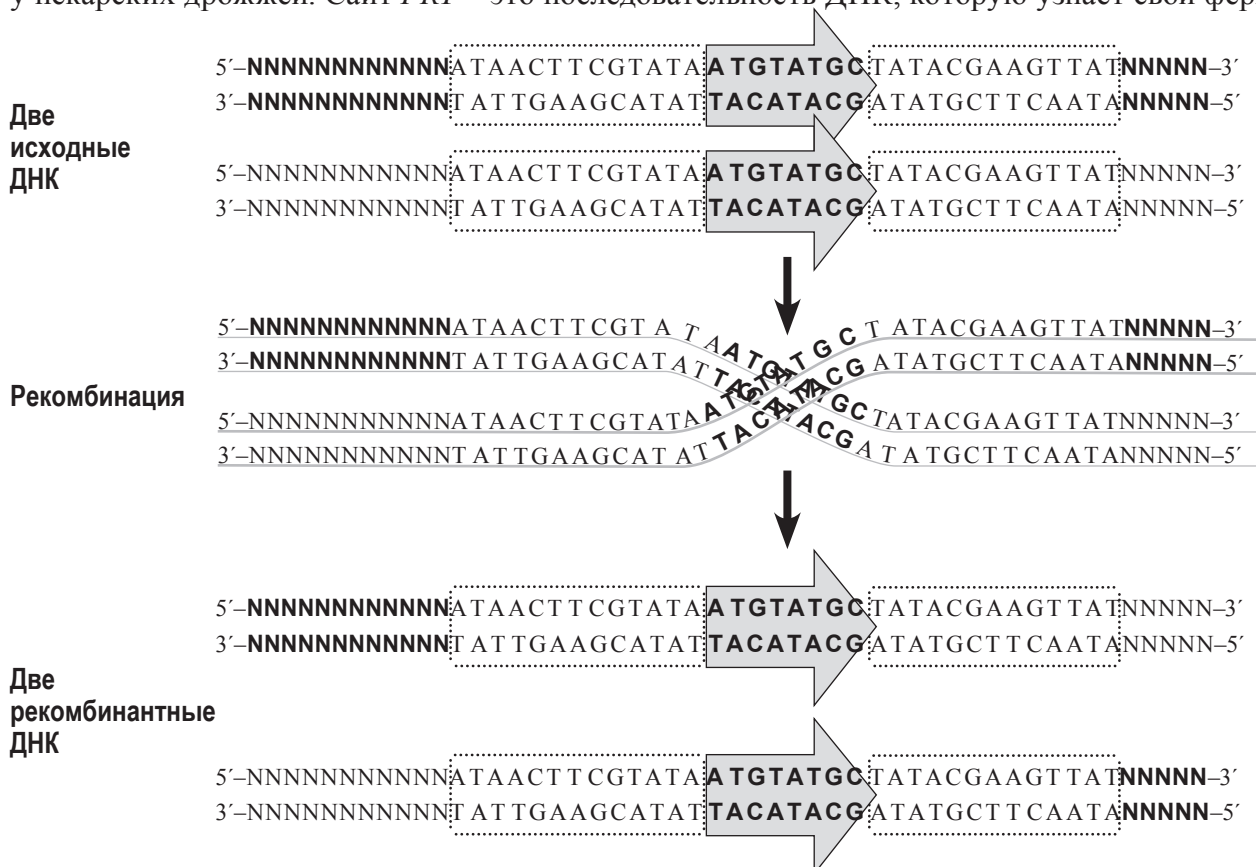
*Lox P* – это последовательность нуклеотидов в ДНК фага P1. Она состоит из 34 нуклеотидов. В середине располагается несимметричная последовательность из 8 нуклеотидов (показана серой стрелкой на рисунке). По краям располагаются так называемые палиндромные последовательности из 13 нуклеотидов (выделены на рисунке как пунктирные блоки). Они симметричны (чтобы в этом убедиться, достаточно прочитать обе последовательности от 5'-конца к 3'-концу). Именно эти палиндромные участки узнаёт особый фермент, вызывающий рекомбинацию, который обозначают CRE. Будем в дальнейшем называть этот фермент рекомбиназой CRE.

Для того, чтобы состоялась рекомбинация, два сайта *Lox P* должны расположиться параллельно друг другу. Рекомбиназа CRE узнает эти сайты, внесёт в ДНК разрезы в определённых местах, а затем



соединит по-новому две нити ДНК (т.е. произойдет рекомбинация).

Аналогично работает и другая система гомологичной рекомбинации – Flp-FRT, обнаруженная у пекарских дрожжей. Сайт *FRT* – это последовательность ДНК, которую узнает свой фермент гомо-



логичной рекомбинации – флиппаза (Flp). При рекомбинации две молекулы ДНК должны ориентироваться параллельно друг другу сайтами *FRT*, и только в этом случае произойдёт рекомбинация.

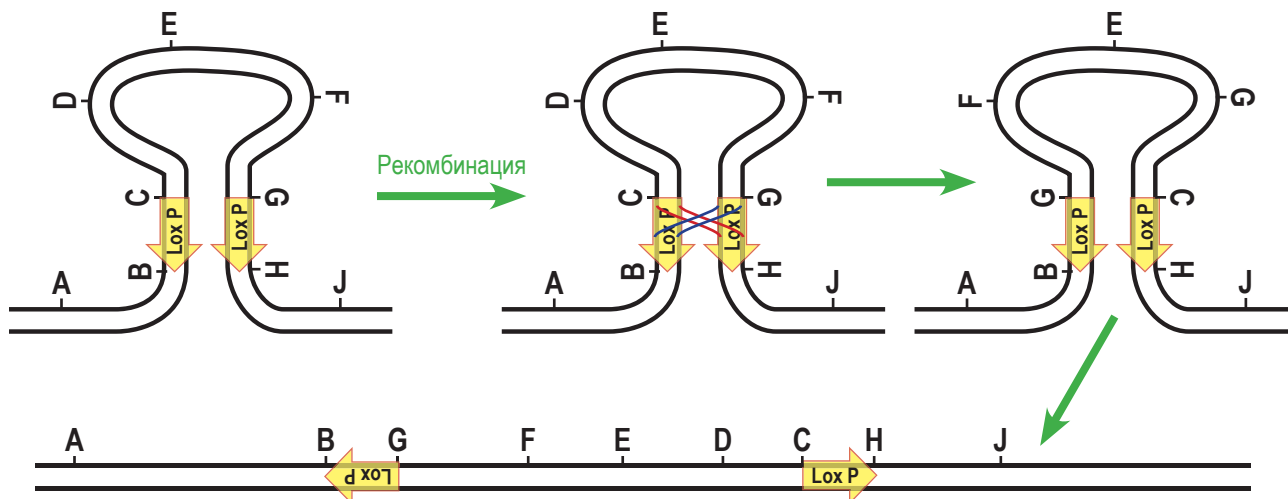
Заметим, что флиппаза Flp узнает только свою последовательность *FRT*, но не может работать с сайтами *Lox P*, а рекомбиназа CRE узнает только свои сайты *Lox P*, но не работает с сайтами *FRT*.

**Предварительное доказательство (лемма) к задаче 9 (5 баллов).**

**1 (2 балла).** Докажем, что при гомологичной рекомбинации по «перевернутым» (инвертированным) повторам происходит «переворот» последовательности ДНК, находящейся между повторами. Для этого нарисуем молекулу ДНК и условно обозначим на ней буквами несколько точек.



Затем «изогнём» молекулу так, чтобы повторы, обозначенные стрелками, встали параллельно друг другу. После обмена участками и «распрямления» окажется, что центральная

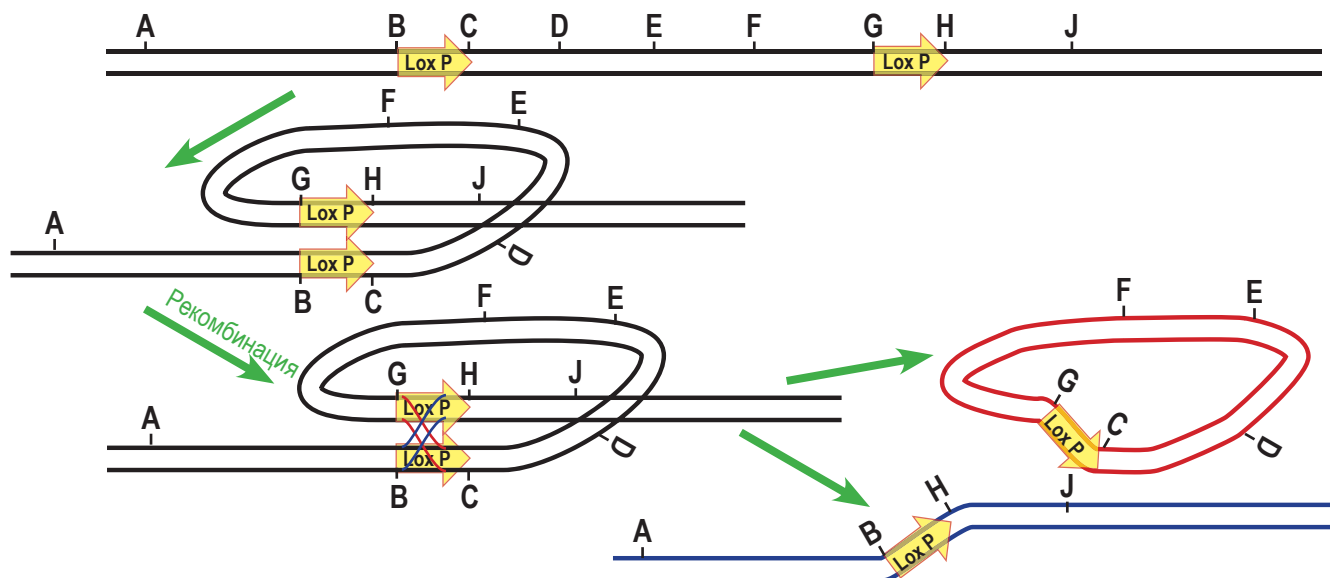


часть между повторами «перевернулась».

**2 (3 балла).** Докажем, что при гомологичной рекомбинации по прямым повторам происходит образование кольцевой ДНК, при этом из линейной последовательности ДНК «удаляется» участок, находящейся между повторами. Для этого используем тот же приём: нарисуем молекулу ДНК и условно обозначим на ней буквами несколько точек.

Только в этом случае для того, чтобы прямые повторы встали параллельно друг другу, придётся хитроумно изогнуть молекулу так, чтобы от конца одного из повторов (точка C) шли точки D, E, F, а потом начинался новый повтор (в точке G).

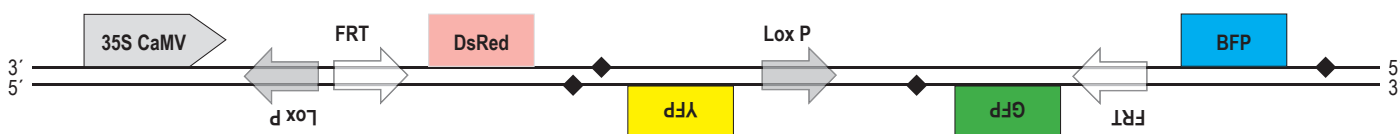
После рекомбинации точки C и G поменяются местами, и в результате получится кольцевая ДНК (C, D, E, F, G) и линейный участок (A, B, H, J). Будем считать, что кольцевая ДНК как бы «исчезает» (не может реплицироваться в клетке).



### Задача 9 (8 баллов).

Для исследования различных процессов в живых организмах используют флуоресцентные белки. При облучении, например, ультрафиолетовым светом такой белок светится в видимой части спектра. Получены зеленый (GFP, green fluorescent protein), синий (BFP, blue fluorescent protein), желтый (YFP, yellow fluorescent protein) и даже красный (DsRed, из коралла *Discosoma striata*) флуоресцентные белки. В генно-инженерных конструкциях их ставят под определенные промоторы. В зависимости от этого в живом объекте светятся разные части.

35 *CaMV* – промотор, который работает во всех клетках растений. Генный инженер создал конструкцию, схематическая карта которой приведена ниже. Промотор условно изображён в форме пятиугольника, кодирующие части генов – в форме серых прямоугольников, сайты *Lox P* и *FRT* – в виде стрелок, показывающих направление асимметричной части. Для получения белкового продукта необходимо, чтобы кодирующая часть оказалась на той же цепи ДНК, что и промотор, находилась в верной ориентации (и при этом – в сторону 5'-конца нити ДНК относительно промотора). Последовательности *Lox P* и *FRT* достаточно короткие и не мешают считыванию и-РНК. Чёрными ромбами обозначены терминаторы транскрипции. Считайте, что в этом месте матричный синтез и-РНК прекращается.



**А.** Каким цветом должны светиться клетки, в которых содержится данная генно-инженерная конструкция? Почему?

**Б.** Нарисуйте в тех же условных обозначениях структуру приведённого участка ДНК после действия рекомбиназы CRE. (Считайте, что при этом рекомбинация произошла только один раз!) Изменится ли после этого свечение клеток?

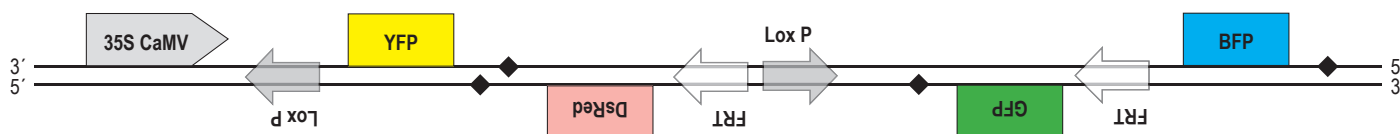
**В.** Нарисуйте в тех же условных обозначениях структуру приведённого участка ДНК после действия флиппазы F<sub>1</sub>р. (Считайте, что при этом рекомбинация произошла только один раз!) Изменится ли после этого свечение клеток?

**Г.** Предположим, что на исходную последовательность ДНК в генно-инженерной конструкции сначала действовали рекомбиназой CRE, а после этого – флиппазой F<sub>1</sub>р. Нарисуйте схему строения ДНК для этого случая. Каким будет свечение клеток?

### Решение.

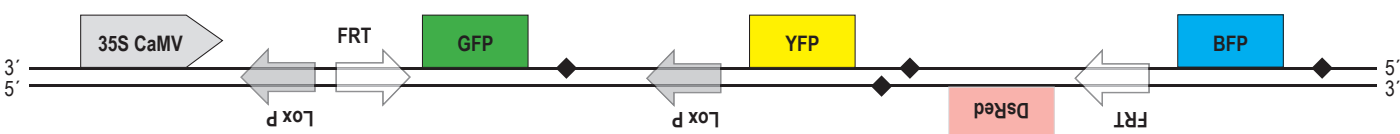
**А (2 балла).** Поскольку после 35S-промотора на той же цепи ДНК располагается кодирующая часть гена DsRed, клетки должны светиться красным светом.

**Б (2 балла).** Рекомбиназа CRE узнаёт последовательности *Lox P*. Если повторы расположены инвертированно, то произойдёт «переворот» последовательности ДНК, расположенной между повторами. Таким образом, после рекомбинации конструкция будет выглядеть следующим образом:



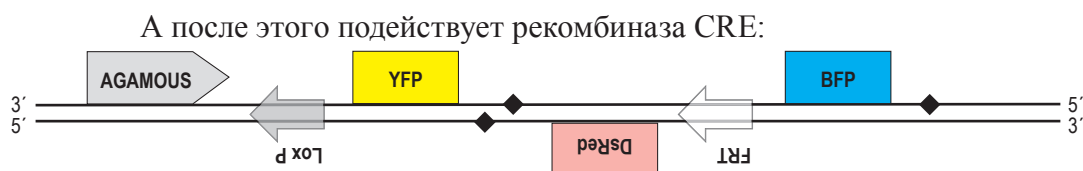
Свечение клеток изменится, поскольку после промотора на той же цепи ДНК окажется ген *YFP*, обеспечивающий жёлтое свечение клеток.

**В (2 балла).** При рекомбинации по инвертированным повторам *FRT* также происходит «переворот», но другого участка ДНК. Таким образом, после рекомбинации по сайтам *FRT* конструкция будет выглядеть следующим образом:



Клетки будут светиться зелёным светом за счёт того, что под промотором оказалась кодирующая последовательность гена *GFP*.





Нетрудно увидеть, что конечный результат от этого не изменился (хотя не во всех случаях так должно быть).

**В.** Каким будет расщепление по фенотипами и генотипам среди потомков второго поколения, полученных при самоопылении гибридов первого поколения? Считайте, что генно-инженерные конструкции наследуются независимо, а кроссинговер внутри конструкций не происходит.

**Решение.**

Условно обозначим исходную вставку, несущую гены флуоресцирующих белков, в линии №1 как  $L_1$  (см. рисунок 1 в условии задачи), а отсутствие вставки обозначим как  $l_0$ .

Аналогично обозначим генно-инженерную конструкцию, несущую гены рекомбиназы и флипазы, в линии №2 как  $R$  (см. рис. 2), а отсутствие вставки будем обозначать как  $r_0$ .

Тогда генотипы родительских линий:

**P:** Линия №1 –  $L_1 L_1 r_0 r_0$  × Линия №2  $l_0 l_0 R R$

Сразу после скрещивания генотипы зигот:

**F1:**  $L_1 l_0 R r_0$

**(2 балла за генотипы без учёта рекомбинации)**

Но уже при формировании цветка «включится» и рекомбиназа CRE, и флиппаза Flp, что приведёт к изменению структуры ДНК-вставки  $L_1$ . Обозначим вариант вставки, получившийся после рекомбиназы CRE, как  $L_2$  (см. рис. 3 из ответа Б), а вариант после двух рекомбинаций – как  $L_3$  (рис. 4).

Заметим, что в пестиках «включается» только рекомбиназа CRE, и все женские гаметы будут нести вставку в форме  $L_2$ .

Генотипы женских гамет:  $\frac{1}{4} L_2 R$        $\frac{1}{4} L_2 r$        $\frac{1}{4} l_0 R$        $\frac{1}{4} l_0 r$

В тычинках «работает» как CRE, так и Flp, поэтому при формировании мужских гамет в них будет содержаться вставка в форме  $L_3$ .

Генотипы мужских гамет:  $\frac{1}{4} L_3 R$        $\frac{1}{4} L_3 r$        $\frac{1}{4} l_0 R$        $\frac{1}{4} l_0 r$

Генотипы зигот сразу после образования

**(1 балл за расщепление во втором поколении без учета рекомбинации):**

	$\frac{1}{4} L_3 R$	$\frac{1}{4} L_3 r$	$\frac{1}{4} l_0 R$	$\frac{1}{4} l_0 r$
$\frac{1}{4} L_2 R$	$L_2 L_3 R R$	$L_2 L_3 R r$	$L_2 l_0 R R$	$L_2 l_0 R r$
$\frac{1}{4} L_2 r$	$L_2 L_3 R r$	$L_2 L_3 r r$	$L_2 l_0 R r$	$L_2 l_0 r r$
$\frac{1}{4} l_0 R$	$L_3 l_0 R R$	$L_3 l_0 R r$	$l_0 l_0 R R$	$l_0 l_0 R r$
$\frac{1}{4} l_0 r$	$L_3 l_0 R r$	$L_3 l_0 r r$	$l_0 l_0 R r$	$l_0 l_0 r r$

Жёлтой заливкой показаны генотипы, в которых не присутствует вставка с рекомбиназами, поэтому генотипы изменяться не будут. Красными точечными рамками показаны генотипы, в которых нет вставки с флуоресцентными белками. В этом случае рекомбинации также не будет. У этих  $\frac{1}{4}$  растений с генотипом  $l_0 l_0$  свечения не будет ни в одном из органов.

У  $\frac{3}{16}$  растений с генотипами  $L_2 l_0 r r$  и  $L_3 l_0 r r$  будет свечение и пестиков, и тычинок жёлтым светом. **(1 балл за указание фенотипов)**

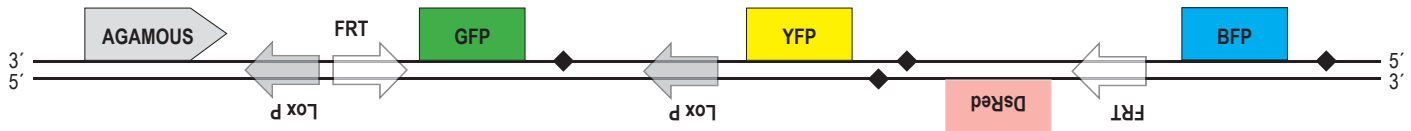
У  $\frac{3}{16}$  растений с генотипом  $L_3 l_0 R$  рекомбинация не будет происходить по другой причине: у вставки  $L_3$  осталось всего по одной последовательности LoxP и FRT, а для рекомбинации нужно две одинаковые последовательности. Пестики и тычинки также светятся жёлтым светом.

У  $\frac{6}{16}$  растений с генотипами  $L_2$  R- на поздних этапах образования зародыша произойдёт рекомбинация по сайтам LoxP. Вставка перейдёт обратно в форму  $L_1$ , которая будет давать

красное свечение пестиков.

Наиболее сложно установить фенотип тычинок. Там начинает работу флиппаза Flp. Если она успеет подействовать на  $L_2$  раньше, чем CRE, то в тычинках вставка перейдёт в форму  $L_3$ , и они будут светиться жёлтым.

Но если сначала  $L_2$  перейдёт в  $L_1$  под действием CRE, то после этого флиппаза «перевернёт» участок между  $FRT$  так, что под промотором окажется ген  $GFP$ , и тычинки будут светиться зелёным!



**(3 балла за анализ рекомбинации и активности генов у потомков F2)**

**Ответ:** среди потомков второго поколения  $1/4$  растений не будут светиться вообще, у  $6/16$  растений и пестики, и тычинки будут светиться жёлтым светом, а у оставшихся  $6/16$  растений пестики будут светиться красным, тогда как свечение тычинок может быть либо жёлтым, либо зелёным (оба ответа правильные).









