



# МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

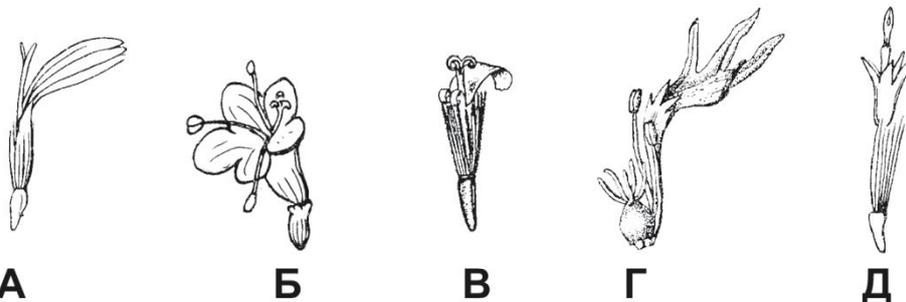
*олимпиады школьников*  
**«ПОКОРИ ВОРОБЬЁВЫ ГОРЫ!»**  
*по биологии*

2015/2016 учебный год

## Заключительный этап ПВГ биология 2016 год 10-11 класс

«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» 2015-2016 10-11 класс. Вариант 1.

**Задание 1.** Укажите, под какими буквами изображены цветки семейства Астровые (Сложноцветные). Как называются типы этих цветков?



**Ответ:** А - ложноязычковый, В - двугубый, Д – трубчатый.

**12 баллов – по 4 за каждый правильный ответ**

**Задание 2.** Внимательно прочитайте характеристику и определите, о какой группе животных идёт речь. Напишите для каждой строки таблицы названия типов и классов животных, признаки которых соответствуют данной характеристике.

	Характеристика
А	Имеется брюшная нервная цепочка. В течение жизни несколько раз происходит линька. Конечности часто двуветвистые. Для многих представителей характерно жаберное дыхание.
Б	Между кожно-мускульным мешком и кишечником располагается первичная полость тела. Специализированные органы газообмена отсутствуют. Свободноживущие формы, а также паразиты растений и животных.
В	Отсутствуют кровеносная и выделительная системы. Характерно чередование бесполого и полового размножения. Многие представители образуют колонии и имеют наружный известковый скелет.
Г	Кровеносная система незамкнутого типа. Имеется двух - или трёхкамерное сердце. Нервная система в примитивном варианте состоит из двух пар нервных стволов и нескольких пар нервных узлов. Обитают на суше, в пресных и солёных водах.

**Ответ:** В строках даны возможные варианты правильных ответов

	Тип	Класс
А	Членистоногие/ Артроподы	Ракообразные
Б	Круглые черви/Нематоды	Круглые черви/Нематоды
В	Кишечнополостные/Стрекающие/	Кораллы/Коралловые полипы/Шестилучевые

	Стрекающие кишечнополостные/Книдарии	кораллы/Шестилучевые/Антозоа
Г	Моллюски	Брюхоногие/Гастроподы

**16 баллов – по 2 балла за каждый правильный ответ**

**Задание 3.** Сколько молекул глюкозы поступит в плазму крови человека массой 70 кг после сытного обеда, если уровень глюкозы возрастет с 5 мМ до 20 мМ? Гематокрит (доля форменных элементов в составе крови) равен 40%. Изменением концентрации в ходе всасывания и утилизации для простоты пренебрегаем, т.е. считаем, что вся глюкоза поступила в кровь без потерь.

**Решение:** Объем крови человека массой 70 кг равен 5 л (должны знать). При гематокрите 40% объем плазмы составляет 60%, или 3 л.

Концентрация глюкозы была до еды 5 мМ, т.е. количество глюкозы было равно

$$5 \text{ ммоль} * 3 \text{ л} = 15 \text{ ммоль}, \text{ а стало } 20 \text{ ммоль} * 3 \text{ л} = 60 \text{ ммоль}.$$

Разница равна  $60 - 15 = 45$  ммоль.

В 1моле содержится  $6,02 * 10^{23}$  молекул.

$45 * 10^{-3}$  молях – X молекул.

$$X = 45 * 10^{-3} * 6,02 * 10^{23} \text{ молекул} = 0,2709 * 10^{23} \text{ молекул или } 27,09 * 10^{21} \text{ молекул}.$$

**Ответ: После приема пищи в плазму крови поступит  $27,09 * 10^{21}$  молекул глюкозы.**

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 4.** У бактерий для защиты от чужеродной ДНК, например от вирусов, есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы ферментами, присоединяющими к основанию метильную группу. Рестриктазы называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, из которой их получают, например, Eco – Escherichia coli – рестриктаза из кишечной палочки. Кроме этого в название могут добавляться обозначения штамма бактерии. При действии такого фермента на очищенную ДНК в ней происходят разрывы в строго определённых местах и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление определённой ДНК различными рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение мест расщепления и построить так называемую рестрикционную карту данной последовательности ДНК.

Из полученной от больного культура бактерий выделили кольцевую плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. При расщеплении плазмидной ДНК различными рестриктазами были получены фрагменты ДНК следующих размеров:

Рестриктаза	Bam H I	Hind III	EcoR I	Bam H I +Hind III	Hind III + EcoR I	Bam HI +Eco R I
Длина фрагментов тыс. пар	12,0.	6,0.	11,0 1,0.	6,0; 3,0;	6,0; 3,0; 2,0; 1,0	6,0 5,0; 1,0.

нуклеотидов						
-------------	--	--	--	--	--	--

По этим результатам постройте рестрикционную карту плазмиды. Объясните, как Вы это сделали.

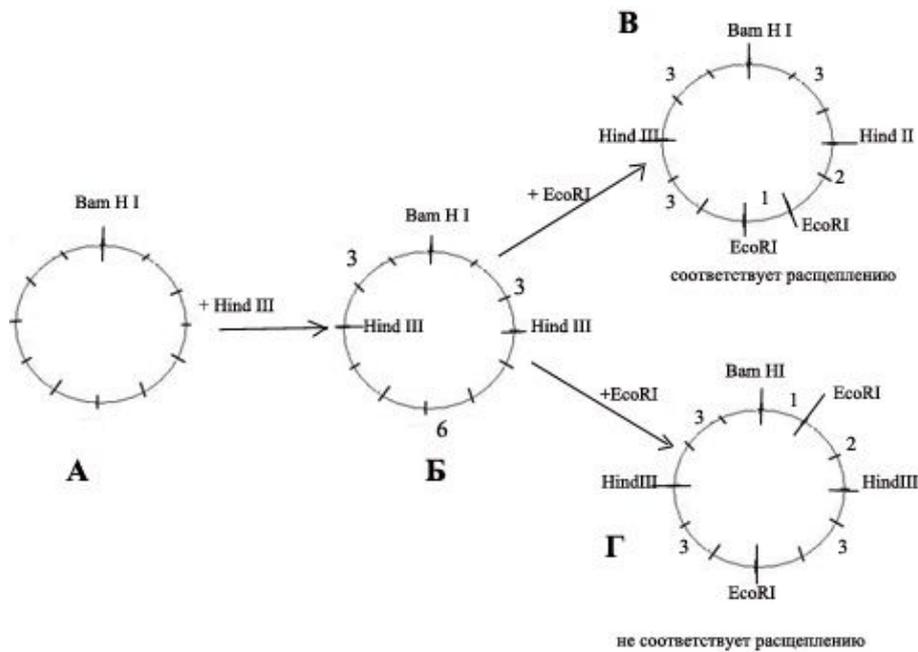
**Решение:**

Так как во всех случаях расщепляется одна и та же плазида, имеющая кольцевую форму, сумма длин фрагментов в каждом столбце должна быть одинаковой. Если в каком либо столбце сумма меньше, значит один или несколько фрагментов повторяются. В данной задаче при расщеплении *Hind* III образуется 2 фрагмента по 6 тыс. пар, а при расщеплении *Hind* III и *Bam* HI - 2 фрагмента по 3 тыс. пар. Сумма длины фрагментов во всех расщеплениях равна 12 тыс. пар нуклеотидов (т.п.н.), следовательно, длина плазмиды равна 12 т.п.н.

Так как плазида кольцевая, 1 фрагмент образуется при расщеплении в 1 точке (*Bam* HI), два фрагмента – при расщеплении в двух точках (*Hind* III и *Eco* RI).

Удобнее начать с рестриктазы, расщепляющей плазмиду в одной точке. Место расщепления первой рестриктазой наносим на кольцо в произвольной точке (**A**). *Hind* III расщепляет плазмиду на равные части, размер фрагментов – 6 т.п.н. При расщеплении рестриктазами *Bam* HI и *Hind* III один из фрагментов, образованных *Hind* III, остаётся целым, а второй расщепляется на два равных по длине фрагмента, т.е. места расщепления *Hind* III расположены симметрично по обе стороны от *Bam* HI на расстоянии 3 т.п.н. (**B**). На полученную карту накладываем участки расщепления *Eco*RI, используя двойное расщепление *Eco*RI и *Bam* HI. Из двух фрагментов *Eco*RI расщепляться *Bam* HI будет больший на две части размером 5 и 6 т.п.н. Одна точка расщепления будет расположена напротив точки расщепления *Bam* HI, а вторая на расстоянии 1 т.п.н. от точки расщепления *Eco*RI (**B**) или от точки расщепления *Bam* HI (**Г**).

Проверяем правильность карты по расщеплению *Eco*RI + *Hind* III. В первом случае (**B**) образуются фрагменты 1, 2, 3 и 6 т.п.н., что соответствует экспериментальным данным. Вариант (**Г**) даёт фрагменты 2, 3, 3, и 4, что не соответствует экспериментальным данным. Таким образом правильный вариант – карта (**B**). (Возможно её симметричное изображение, которое также является верным)



**Всего 18 баллов (правильно А – 4 балла, Б -4, конечная карта – 10)**

**Задание 5.** С целью мониторинга численности популяции луговых собачек ученые отловили 100 особей, поместили их меткой и отпустили. Затем были произведены случайные отловы животных с интервалом в 30 дней. Данные по отловам представлены в таблице. Смертность среди меченых и немеченых особей считать одинаковой.

дата	Количество отловленных животных	Из них с меткой
1	90	15
2	85	17
3	88	18

Увеличивается или уменьшается численность данной популяции. Вывод подтвердите расчетами.

**Ответ:** В результате отлова и мечения в популяции оказалось 100 меченных животных, при последующих отловах, доля меченных животных должна соответствовать их доле во всей популяции, т. о.  $100:N=15:90$ . Следовательно,  $N_1=100 \times 90 : 15 = 600$ ;  $N_2 = 100 \times 85 : 17 = 500$ ;  $N_3 = 100 \times 88 : 18 = 488,8 \sim 489$ .

**Численность популяции уменьшается.**

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 6.** В популяции игрунковых обезьян ученые исследовали способность к восприятию цвета у мужской части популяции. Выяснилось, что 60% самцов –

дальтоники, у которых не удаётся выработать условные рефлексы при использовании оттенков, включающих красный цвет. Считайте, что исследуемая популяция обезьян достаточно большая, панмиктическая и равновесная, а наследование дальтонизма у человека и у игрунковых обезьян происходит по одинаковому механизму.

А. Оцените долю обезьян-дальтоников во всей популяции (включая самок).

Б. Оцените долю самок-носительниц аллеля дальтонизма среди всех обезьян в исследуемой популяции.

В. Оцените долю особей с цветовым зрением в красной области среди самок.

### Решение

А. Если 60% самцов – дальтоники, это означает, что частота аллеля дальтонизма в X-хромосоме ( $X^d$ ) составляет **0,6**, а частота аллеля, позволяющего воспринимать свет в красной области ( $X^D$ ) составляет **0,4**.

В равновесной панмиктической популяции при рождении самки вероятность получить аллель  $X^d$  от отца равна 0,6, и такая же вероятность получить этот аллель от матери. Таким образом, вероятность рождения самки-дальтоника в такой популяции составляет  **$0,6 \times 0,6 = 0,36$** .

Самки составляют только  $\frac{1}{2}$  от всей популяции обезьян. Таким образом, доля самок-дальтоников среди всех обезьян составит  **$0,36 / 2 = 0,18$** .

Самцы также составляют  $\frac{1}{2}$  от всей популяции. Мы знаем, что среди них 0,6 (60%) дальтоники. От общей численности обезьян этот составит  **$0,6 / 2 = 0,3$** .

Таким образом, общая доля дальтоников по популяции составит  $0,18 + 0,3 = 0,48$  (48%).

**Ответ: общая доля дальтоников во всей популяции составит 0,48 (или 48%).**

**12 баллов**

Б. Самки-носительницы аллеля дальтонизма – это гетерозиготы  $X^D X^d$ . Согласно закону Харди-Вайнберга, доля гетерозигот составляет  **$2pq$** , где  **$p$**  – частота встречаемости одного аллеля (например, 0,6 для аллеля  $X^d$ ), а  **$q$**  – частота встречаемости другого аллеля (например,  $X^D$ , равная  $1 - p = 1 - 0,6 = 0,4$ ). Соответственно, доля самок носителей среди всех самок равна  $2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,48$ .

Поскольку самки составляют  $\frac{1}{2}$  популяции, то доля самок-носительниц аллеля дальтонизма (генотип  $X^D X^d$ ) среди всей популяции составит  $0,48 / 2 = 24\%$ .

**Ответ: общая доля самок-носительниц дальтонизма во всей популяции составит 0,24 (или 24%).**

**9 баллов**

В. Нормальными по восприятию красной части спектра будут особи, несущие хотя бы один аллель  $X^D$ . В равновесной панмиктической популяции при рождении самки вероятность получить аллель  $X^D$  от отца равна 0,4, и такая же вероятность получить этот аллель от матери. Таким образом, вероятность рождения гомозиготной самки ( $X^D X^D$ ) в такой популяции составляет  $0,4 \times 0,4 = 0,16$ .

К доле гомозигот ( $X^D X^D$ ) нужно прибавить долю самок-носительниц дальтонизма ( $X^D X^d$ ), которая была вычислена в предыдущей части задачи.

**$0,16 + 0,48 = 0,64$**

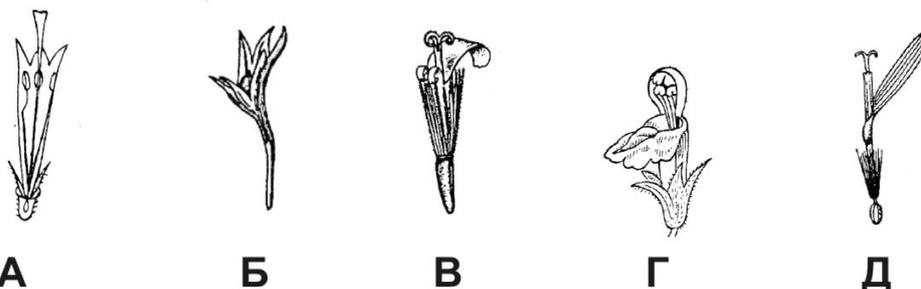
**Ответ: доля особей с цветовым зрением в красной области среди самок составит 0,64 (или 64%).**

**9 баллов**

**Всего за задачу 30 баллов**

**«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» 2015-2016 10-11 класс . Вариант 2.**

**Задание 1.** Укажите, под какими буквами изображены цветки семейства Астровые (Сложноцветные). Как называются типы этих цветков?



**Ответ:** Б - воронковидный, В - двугубый, Д – язычковый.

**12 баллов – по 4 за каждый правильный ответ**

**Задание 2.** Внимательно прочитайте характеристику и определите, о какой группе животных идёт речь. Напишите для каждой строки таблицы названия типов и классов животных, признаки которых соответствуют данной характеристике.

	<b>Характеристика</b>
<b>А</b>	Имеется кожно-мышечный мешок, включающий кольцевую и продольную мускулатуру. Полость тела вторичная. Имеется окологлоточное нервное кольцо и брюшная нервная цепочка. Щетинки обычно располагаются группами по две штуки. Выделяется специализированный отдел тела – поясок.
<b>Б</b>	Имеется двуветвистый кишечник, непереваренные остатки пищи выводятся через рот. Покровы лишены ресничек. Полость тела и кровеносная система отсутствуют.
<b>В</b>	Тело сегментированное, подразделено на три отдела. Грудной отдел состоит из трёх сегментов. Органы дыхания – трахеи.
<b>Г</b>	Органы дыхания – жабры, располагаются в мантийной полости. Кровеносная система практически замкнутая. Все представители - хищники.

Ответ: В строках даны возможные варианты правильных ответов

	Тип	Класс
А	Кольчатые черви/Аннелиды	Малощетинковые/ Малощетинковые черви/Олигохеты
Б	Плоские черви	Сосальщикои/Трематоды/Дигенетические сосальщикои/Дигенеи
В	Членистоногие/ Артроподы	Насекомые/Шестиногие/Hexapoda
Г	Моллюски	Головоногие

**16 баллов – по 2 балла за каждый правильный ответ**

**Задание 3.** Сколько молекул глюкозы содержится в плазме крови среднестатистического человека массой 70 кг, если гематокрит (доля форменных элементов в составе крови) равен 45%?

**Решение:** плазма крови составляет 55%, т.к. гематокрит по условию равен 45%.

100% - 45% = 55%. Объем плазмы т. о. равен  $5 \text{ л} * 0,55 = 2,75 \text{ л}$ .

Содержание глюкозы в норме составляет 1мг/мл или 5,5 мМ. (эти значения должны знать.)

А. 1 мг/мл - это 100 мг/100мл, значит общее количество глюкозы равно  $100 \text{ мг} * 2750 \text{ мл}/100 \text{ мл} = 2750 \text{ мг}$  или 2,75 г.

1 моль глюкозы – 180 г

X молей - 2,75 г, а в одном моле  $6,02 * 10^{23}$  молекул, т. о. умножаем 2,75 г на  $6,02 * 10^{23}$  и делим на 180 г. Это равно  **$9,168 * 10^{21}$  молекул глюкозы**

Б. 5,5 мМ – это количество глюкозы, содержащейся в 1 л раствора. Значит, в 1 л плазмы содержится 5,5 ммоль глюкозы, а в 2,75л ее содержание равно  $5,5 * 2,75 = 15,125$  ммоль.

(Примечание. Мы получили немного разные значения, потому что 1мг/мл - это немного больше 5,5 мМ).

$15,125 * 10^{-3}$  моля умножаем на  $6,02 * 10^{23}$ . Это равно  **$9,105 * 10^{21}$  молекул.**

Ответ: Округленно для обоих случаев  $9,1$  или  $9,2 * 10^{21}$  молекул глюкозы.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 4.** У бактерий для защиты от чужеродной ДНК, например от вирусов, есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы ферментами, присоединяющими к основанию метильную группу. Рестриктазы называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, из которой их получают, например, Eco – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. Кроме этого в название могут добавляться обозначения штамма бактерии. При действии такого фермента на очищенную ДНК в ней происходят разрывы в строго определённых местах и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление определённой ДНК различными рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение мест расщепления и построить так называемую рестрикционную карту данной последовательности ДНК.

Из полученной от больного культура бактерий выделили кольцевую плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. При расщеплении плазмидной ДНК различными рестриктазами были получены фрагменты ДНК следующих размеров:

Рестриктаза	Bam H I	Hind III	EcoR I	Bam H I + Hind III	Hind III + EcoR I	Bam HI +Eco R I
Длина фрагментов тыс. пар нуклеотидов	12,0.	6,0.	7,0 5,0.	6,0; 3,0;	4,0; 3,0; 2,0;	6,0 5,0; 1,0.

По этим результатам постройте рестрикционную карту плазмиды. Объясните, как Вы это сделали.

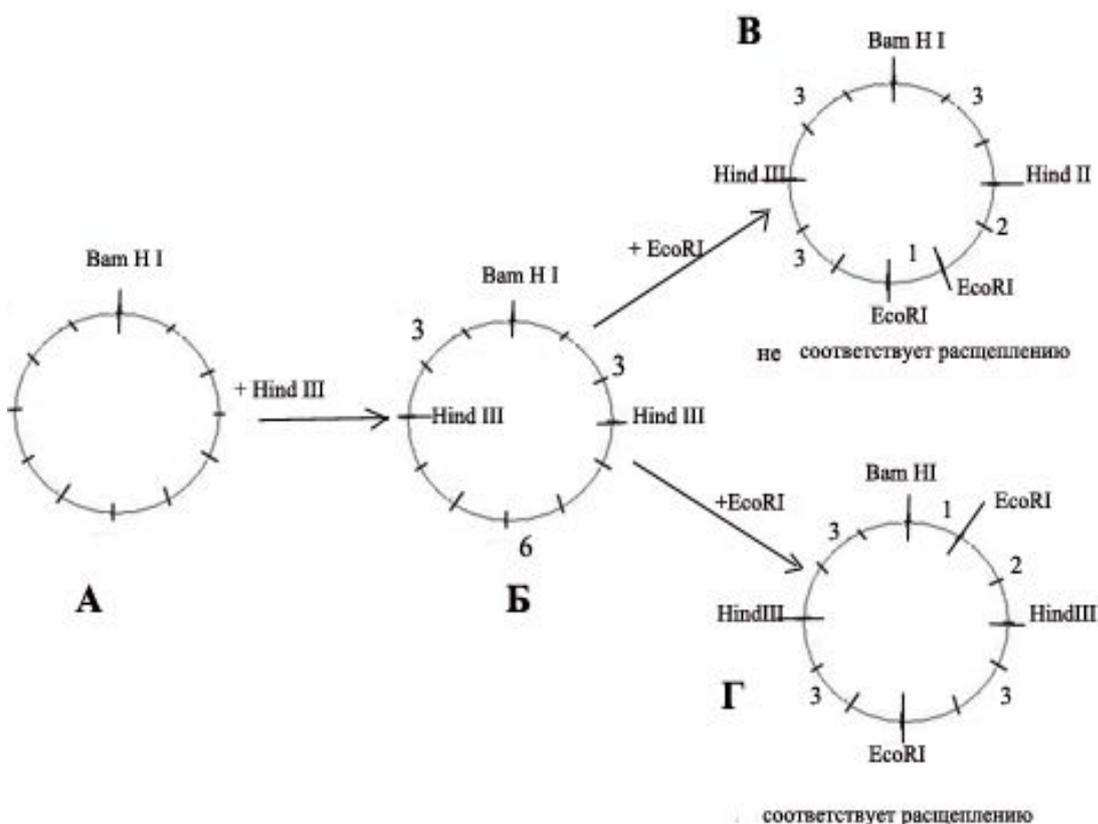
**Решение:**

Так как во всех случаях расщепляется одна и та же плазида, имеющая кольцевую форму, сумма длин фрагментов в каждом столбце должна быть одинаковой. Если в каком-либо столбце сумма меньше, значит один или несколько фрагментов повторяются. В данной задаче при расщеплении Hind III образуется 2 фрагмента по 6 тыс. пар, а при расщеплении Hind III и Bam H I - 2 фрагмента по 3 тыс. пар. Сумма длины фрагментов во всех расщеплениях равна 12 тыс. пар нуклеотидов (т.п.н.), следовательно, длина плазмиды равна 12 т.п.н. Так как плазида кольцевая, 1 фрагмент образуется при расщеплении в 1 точке (Bam H I), два фрагмента – при расщеплении в двух точках (Hind III и Eco R I).

Удобнее начать с рестриктазы, расщепляющей плазмиду в одной точке. Место расщепления первой рестриктазой наносим на кольцо в произвольной точке (**A**). Hind III

расщепляет плазмиду на равные части, размер фрагментов – 6 т.п.н. При расщеплении рестриктазами Bam H I и Hind III один из фрагментов, образованных Hind III, остаётся целым, а второй расщепляется на два равных по длине фрагмента, т.е. места расщепления Hind III расположены симметрично по обе стороны от Bam H I на расстоянии 3 т.п.н. (**Б**). На полученную карту накладываем участки расщепления EcoRI, используя двойное расщепление EcoRI и Bam H I. Из двух фрагментов EcoRI расщепляться Bam H I будет больший на две части размером 5 и 6 т.п.н. Одна точка расщепления будет расположена напротив точки расщепления Bam H I, а вторая на расстоянии 1 т.п.н. от точки расщепления EcoRI (**В**) или от точки расщепления Bam H I (**Г**).

Проверяем правильность карты по расщеплению EcoRI + Hind III. В первом случае (**В**) образуются фрагменты 1, 2, 3 и 6 т.п.н., что не соответствует экспериментальным данным. Вариант (**Г**) даёт фрагменты 2, 3, 3, и 4, что соответствует экспериментальным данным. Таким образом правильный вариант – карта (**Г**). (Возможно её симметричное изображение, которое также является верным).



**Всего 18 баллов (правильно А – 4 балла, Б -4, конечная карта – 10)**

**Задание 5.** С целью мониторинга численности популяции прыткой ящерицы ученые отловили 50 особей, поместили их меткой и отпустили. Затем были произведены случайные отловы животных с

интервалом в 30 дней. Данные по отловам представлены в таблице. Смертность среди меченых и немеченых особей считать одинаковой.

дата	Количество отловленных животных	Из них с меткой
1	56	14
2	54	12
3	57	11

Увеличивается или уменьшается численность данной популяции. Вывод подтвердите расчетами.

**Ответ:** В результате отлова и мечения в популяции оказалось 50 меченных животных, при последующих отловах, доля меченных животных должна соответствовать их доле во всей популяции, т. о.  $50:N=10:60$ . Следовательно,  $N_1=50 \times 56 : 14 = 200$ ;  $N_2 = 50 \times 54 : 12 = 225$ ;  $N_3 = 50 \times 57 : 11 \sim 259$ .

Численность популяции увеличивается.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 6.** У одного из видов рыб-меченосцев (*Xiphophorus maculatus*) обнаружено три варианта половых хромосом: X, Y и W. Активные гены, определяющие мужской пол в развитии, находятся на Y-хромосоме. При этом на хромосоме W есть гены-супрессоры мужского развития, а на X-хромосоме таких генов-супрессоров нет. Гомогаметные особи по любой из половых хромосом жизнеспособны.

**А.** Приведите варианты всех возможных генотипов и укажите, какие из генотипов будут определять развитие мужских, а какие – женских особей.

**Б.** В аквариуме плавают 2 рыбы с генотипами YW и XY соответственно. После выметывания и оплодотворения икринок, родительские особи были отсажены в другой аквариум. Каким будет соотношение самцов и самок среди выросших мальков первого поколения?

**В.** Рассчитайте соотношение по генотипам и по полу в популяции рыб второго поколения, при условии, что особи первого поколения свободно скрещиваются друг с другом.

**Решение:**

**А.** Возможны следующие сочетания половых хромосом: **XX, XY, XW, YY, YW, WW**. Во всех случаях, когда присутствует W-хромосома, мужское развитие подавляется генами-супрессорами, и будет развиваться женская особь. Это генотипы XW, YW, WW. Кроме того, у особей XX нет генов, отвечающих за развитие мужского организма. Они также будут самками. Оставшиеся два генотипа (XY и YY) будут соответствовать мужским особям.

**Ответ: самки – XX, XW, YW, WW; самцы – XY, YY.**

**10 баллов**

**Б.** Из части А задачи следует, что XY – это меченосец-самец, а YW – самка.

P: ♀W × ♂XY  
 G: Y W X Y  
 F1: XY (♂); XW (♀); YY (♂); YW (♀).

Таким образом, в первом поколении будет 50% самцов (25% с генотипом XY и 25% с генотипом YY) и 50% самок (25% с генотипом XW и 25% с генотипом YW).

**Ответ: соотношение полов: 50% самок; 50% самцов (или 1 : 1).**

**10 баллов**

**В.** Для определения генотипов потомков второго поколения воспользуемся решеткой Пеннета, объединив в ней все варианты скрещиваний.

гаметы ♂		самцы XY		самцы YY	
		X	Y	Y	Y
♀	X	XX (самки)	XY (самцы)	XY (самцы)	XY (самцы)
	W	XW (самки)	YW (самки)	YW (самки)	YW (самки)
♀	Y	XY (самцы)	YY (самцы)	YY (самцы)	YY (самцы)
	W	XW (самки)	YW (самки)	YW (самки)	YW (самки)

Везде, где от матери досталась W-хромосома, потомки окажутся женскими особями (8 вариантов сочетаний). Кроме того, XX-особи также будут самками (1 вариант сочетаний).

В остальных случаях у потомков будет активная Y-хромосома, которая определит развитие самцов (7 вариантов сочетаний).

Таким образом, соотношение по полу во втором поколении будет 9/16 самок к 7/16 самцов.

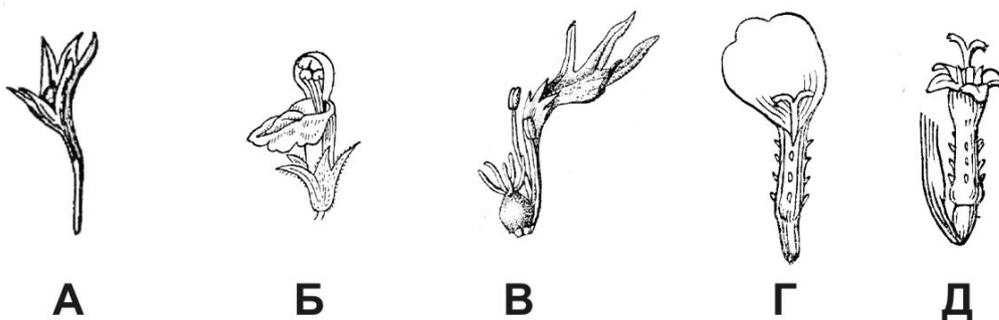
Ответ: во втором поколении соотношение будет 9/16 (56,25%) самок к 7/16 (43,75%) самцов.

10 баллов

Всего за задачу 30 баллов

«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» 2015-2016 10-11 класс . Вариант 3.

**Задание 1.** Укажите, под какими буквами изображены цветки семейства Астровые (Сложноцветные). Как называются типы этих цветков?



Ответ: А - воронковидный, Г - ложноязычковый, Д – трубчатый.

12 баллов – по 4 за каждый правильный ответ

**Задание 2.** Внимательно прочитайте характеристику и определите, о какой группе животных идёт речь. Напишите для каждой строки таблицы названия типов и классов животных, признаки которых соответствуют данной характеристике.

	Характеристика
А	Полость тела отсутствует, развита паренхима. Рта и глаз нет. Эндопаразиты.
Б	Тело сегментированное. Для передвижения используют суставчатые ходильные ноги,

	которых почти всегда четыре пары. Имеются мальпигиевы сосуды.
<b>В</b>	Кишечник слепо замкнутый, у большинства представителей разветвлённый. Свободноживущие, реже паразитические формы.
<b>Г</b>	Складки мантии образуют на заднем конце тела два сифона. Морские, реже пресноводные виды.

**Ответ: В строках даны возможные варианты правильных ответов**

	<b>Тип</b>	<b>Класс</b>
<b>А</b>	Плоские черви	Ленточные черви /Ленточные/Цестоды
<b>Б</b>	Членистоногие/ Артроподы	Паукообразные/ Арахниды
<b>В</b>	Плоские черви	Ресничные черви/ Турбеллярии
<b>Г</b>	Моллюски	Двустворчатые/ Двустворки

**16 баллов – по 2 балла за каждый правильный ответ**

**Задание 3.** Какова масса образующегося после приема пищи гликогена, если до еды в плазме крови было 5 мМ глюкозы, после еды уровень глюкозы «подпрыгнул» до 10 мМ (динамикой пренебрегаем, считаем, что вся глюкоза сразу попала в кровь и затем утилизировалась). Масса человека 70 кг. Гематокрит равен 40% (доля форменных элементов в составе крови). При этом 50% глюкозы «ушло» в гликоген.

**Решение:**

Объем крови человека массой 70 кг равен 5 л. При гематокрите 40% объем плазмы составляет 60%, или 3 л. Концентрация глюкозы была до еды 5 мМ, т.е. количество глюкозы было равно 5 ммоль \* 3 л плазмы = 15 ммоль, а стало 10 ммоль \* 3 л = 30 ммоль. Разница равна 30 – 15 = 15 ммоль.

1 моль «свободной» глюкозы имеет массу 180 г. А 1 условный моль глюкозы в составе гликогена имеет массу 162 г, т.к. при синтезе гликогена при образовании связи теряется одна молекула воды.

Значит, 15 ммоль «свободной» глюкозы по массе равны 0,015 моль \* 180 г = 2,7 г. Так как по условию на синтез гликогена было использовано 50% глюкозы, то из этого количества только 1,35 г глюкозы поступило в гликоген. Из 180 г (=1моль) глюкозы получается 162 г гликогена, а из 1,35 г глюкозы получается x г гликогена:  $x = 1,35 \text{ г} * 162\text{г}/180\text{г} = 1,215 \text{ г}$  гликогена.

**Ответ: после приема пищи образуется 1,215 г гликогена.**

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 4.** У бактерий для защиты от чужеродной ДНК, например от вирусов, есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы ферментами, присоединяющими к основанию метильную группу. Рестриктазы называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, из которой их получают, например, Eco – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. Кроме этого в название могут добавляться обозначения штамма бактерии. При действии такого фермента на очищенную ДНК в ней происходят разрывы в строго определённых местах и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление определённой ДНК различными рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение мест расщепления и построить так называемую рестрикционную карту данной последовательности ДНК.

Из полученной от больного культура бактерий выделили кольцевую плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. При расщеплении плазмидной ДНК различными рестриктазами были получены фрагменты ДНК следующих размеров:

Рестриктаза	Vam H I	Hind III	EcoR I	Vam H I + Hind III	Hind III + EcoR I	Vam HI +Eco R I
Длина фрагментов тыс. пар нуклеотидов	12,0.	6,0.	6,0.	6,0; 3,0.	4,0; 2,0.	6,0 5,0; 1,0.

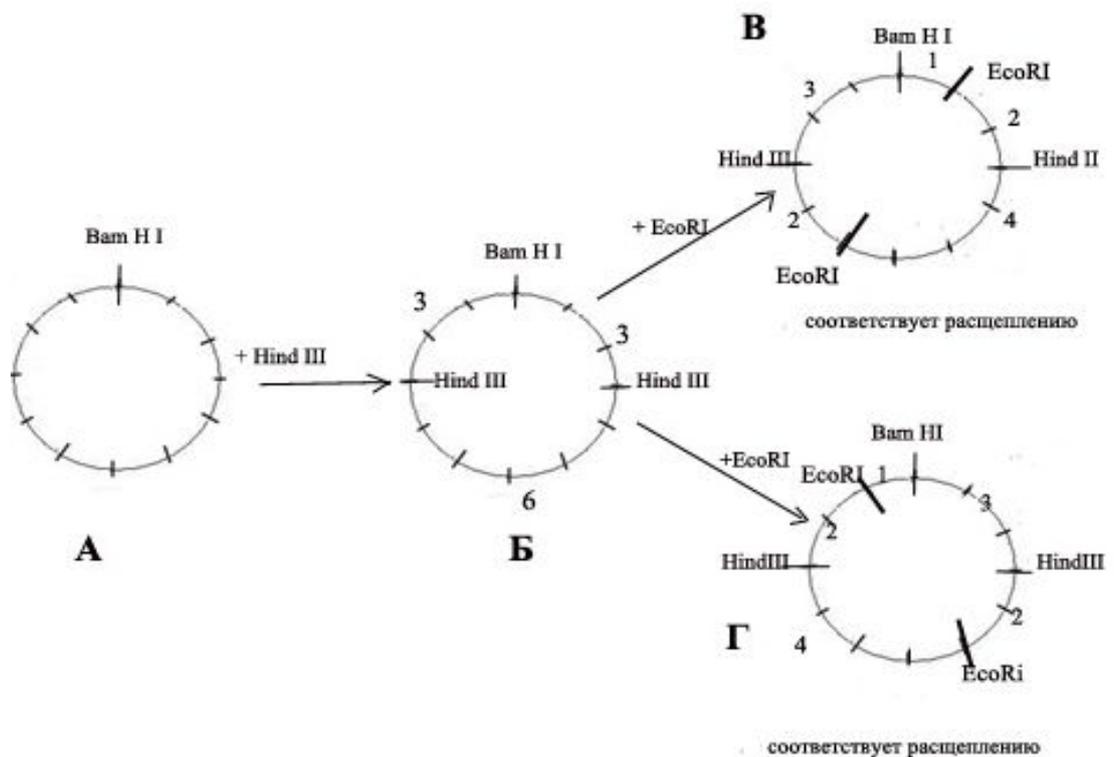
По этим результатам постройте рестрикционную карту плазмиды. Объясните, как Вы это сделали.

## Решение:

Так как плазмида кольцевая, 1 фрагмент образуется при расщеплении в 1 точке (Bam H I), два фрагмента – при расщеплении в двух точках (Hind III и Eco RI). Так как во всех случаях расщепляется одна и та же плазмида, имеющая кольцевую форму, сумма длин фрагментов в каждом столбце должна быть одинаковой. Если в каком-либо столбце сумма меньше, значит один или несколько фрагментов повторяются. В данной задаче при расщеплении отдельно Hind III и Bam H I образуются только фрагменты по 6 тыс. пар, значит, образуется по 2 таких фрагмента в каждом расщеплении. При расщеплении смесью Hind III + Bam H I - 2 фрагмента по 3 тыс. пар (расщепление в 3 точках), а при расщеплении Hind III + EcoRI - 2 фрагмента по 2 тыс. пар и два фрагмента по 4 тыс. пар (расщепление в 4 точках). Сумма длины фрагментов во всех расщеплениях равна 12 тыс. пар нуклеотидов (т.п.н.), следовательно, длина плазмиды равна 12 т.п.н.

Удобнее начать с рестриктазы, расщепляющей плазмиду в одной точке. Место расщепления первой рестриктазой наносим на кольцо в произвольной точке **(А)**. Hind III расщепляет плазмиду на равные части, размер фрагментов – 6 т.п.н. При расщеплении рестриктазами Bam H I и Hind III один из фрагментов, образованных Hind III, остаётся целым, а второй расщепляется на два равных по длине фрагмента, т.е. места расщепления Hind III расположены симметрично по обе стороны от Bam H I на расстоянии 3 т.п.н. **(Б)**.

На полученную карту накладываем участки расщепления EcoRI, используя двойное расщепление EcoRI + Bam H I. Из двух фрагментов EcoRI расщепляться Bam H I будет один на две части размером 5 и 1 т.п.н. Так как расщепление EcoRI даёт равные фрагменты, точки расщепления Bam H I будут расположены напротив на карте друг друга, одна на расстоянии 5 тыс. пар справа, а вторая на расстоянии 1 т.п.н. слева от точки расщепления Bam H I **(В)**. Расположив точки расщепления EcoRI в обратном порядке, получим ту же, но зеркально отражённую карту **(Г)**. Проверяем правильность карты по расщеплению EcoRI + Hind III. В обоих случаях **(В)** и **(Г)** образуются 2 фрагмента по 2 тыс. пар и 2 фрагмента по 4 т.п.н., что соответствует экспериментальным данным. Таким образом, правильны два зеркальных варианта карты **(В)** и **(Г)**.



**Всего 18 баллов (правильно А – 4 балла, Б -4, конечная карта – 10)**

**Задание 5.** С целью мониторинга численности популяции кедровок ученые отловили 90 птиц, окольцевали их и отпустили. Затем были произведены случайные отловы птиц с интервалом в 30 дней. Данные по отловам представлены в таблице. Смертность среди меченых и немеченых особей считать одинаковой.

дата	Количество отловленных животных	Из них с меткой
1	84	14
2	78	13
3	88	15

Как изменяется численность данной популяции. Вывод подтвердите расчетами.

Ответ: В результате отлова и мечения в популяции оказалось 100 окольцованных птиц, при последующих отловах, доля окольцованных птиц должна соответствовать их доле во всей популяции, т.о  $90: N=14:84$ .

Следовательно  $N_1=90 \times 84 : 14 = 540$ ;  $N_2 = 90 \times 78 : 13 = 540$ ;  $N_3 = 90 \times 88 : 15 \sim 534$ .

Численность популяции не изменяется.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 6.** По данным министерства здравоохранения одной из европейских стран с населением около 80 млн. человек, в среднем на 5 тысяч новорожденных мальчиков приходится один, страдающий гемофилией А (наиболее распространенный и хорошо изученный вариант гемофилии).

**А.** Считая популяцию этой страны равновесной и панмиктической, оцените частоту встречаемости аллеля, определяющего гемофилию.

**Б.** Оцените число женщин-носительниц гемофилии в данной стране.

**В.** Оцените общее число больных гемофилией в данной стране

### Решение

**А.** Гемофилия А – заболевание, наследующееся сцеплено с полом. Обозначим аллель гемофилии как  $X^h$ , а его частоту встречаемости – как  $p$ . Аллель нормальной свертываемости крови обозначим как  $X^H$ , а его частоту встречаемости – как  $q$ .

Поскольку мужчины получают X-хромосому от матери, доля мужчин-гемофиликов будет равна частоте встречаемости аллеля гемофилии ( $X^h$ ).

$$p = 1 / 5000 = 0,0002 = 0,02\%$$

Ответ: частота встречаемости аллеля гемофилии равна 0,0002 (0,02%).

**10 баллов**

**Б.** Женщины-носительницы аллеля гемофилии – это гетерозиготы  $X^H X^h$ . Согласно закону Харди-Вайнберга, доля гетерозигот составляет  $2pq$ , где  $p$  – частота встречаемости одного аллеля (для аллеля  $X^h$  мы установили, что она равна 0,0002), а  $q$  – частота встречаемости другого аллеля (для  $X^H$  она равна  $q = 1 - p = 1 - 0,0002 = 0,9998$  [поскольку в задаче требуется привести оценку, то 0,9998 можно округлить до 1]).

Соответственно, доля женщин-носителей среди всего женского населения равна  $2 \times 0,9998 \times 0,0002 = 0,00039992 \approx 0,0004$

Поскольку женщины составляют  $\frac{1}{2}$  популяции, то число женщин-носительниц аллеля гемофилии (генотип  $X^H X^h$ ) среди всей популяции составит:

$80\,000\,000 \text{ чел.} \times 0,004 / 2 = 16\,000 \text{ чел.}$  [Если рассчитывать более точно, то 159 97.]

**Ответ: общее число носительниц гемофилии составит около 16 000 чел.**

**10 баллов**

**В.** Половину населения страны составляют мужчины. Среди них гемофилия распространена в соотношении 1 больной / 5000 чел. Соответственно, число мужчин-гемофиликов будет

$\frac{1}{2} \times 80\,000\,000 \times 1 \text{ больной} / 5000 \text{ чел.} = 8\,000 \text{ чел.}$

Для женщин вероятность получения гемофилии будет равна квадрату частоты аллеля  $X^h$  ( $p^2$ ), что составит  $(0,0002)^2 = 0,000\,000\,04$

Умножив на общее число женщин в стране, получим:

$\frac{1}{2} \times 80\,000\,000 \times 0,000\,000\,04 = 1,6 \approx 2 \text{ чел.}$

Видно, что женщины-гемофилики не вносят существенного вклада в общее число гемофиликов, т.е. их можно не учитывать при приблизительной оценке:  $8\,002 \approx 8\,000 \text{ чел.}$

**Ответ: общее число гемофиликов в стране составит около 8 000 чел.**

**10 баллов**

**Всего 30 баллов**

**«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» 2015-2016 10-11 класс . Вариант 4.**

**Задание 1.** Укажите, под какими буквами изображены цветки семейства Астровые (Сложноцветные). Как называются типы этих цветков?



**А**



**Б**



**В**



**Г**



**Д**

Ответ: Б - двугубый, В - трубчатый, Д – язычковый

12 баллов – по 4 за каждый правильный ответ

**Задание 2.** Внимательно прочитайте характеристику и определите, о какой группе животных идёт речь. Напишите для каждой строки таблицы названия типов и классов животных, признаки которых соответствуют данной характеристике.

	Характеристика
<b>А</b>	Имеется радула (тёрка). У многих представителей строение туловища асимметрично. Дыхание жаберное или лёгочное.
<b>Б</b>	Стенка тела состоит из двух слоёв клеток. В жизненном цикле чередуются прикреплённая стадия (размножается бесполом способом) стадия и плавающая (размножается половым способом) стадия. Исключительно морские виды.
<b>В</b>	Имеется толстая, но гибкая кутикула. Кровеносной системы нет. Несколько десятков видов имеют медицинское значение как паразиты человека.
<b>Г</b>	Кутикула жёсткая, содержит много хитина. Имеются сложные глаза, у части видов располагающиеся на подвижных стебельках. У многих представителей на брюшке имеются хорошо развитые двуветвистые конечности.

Ответ: В строках даны возможные варианты правильных ответов

	Тип	Класс

<b>А</b>	Моллюски	Брюхоногие/Гастроподы
<b>Б</b>	Кишечнополостные/Стрекающие/ Стрекающие кишечнополостные/Книдарии	Сцифоидные/ Сцифомедузы/ Сцифоза
<b>В</b>	Круглые черви/Нематоды	Круглые черви/Нематоды
<b>Г</b>	Членистоногие/Артроподы	Ракообразные

**16 баллов – по 2 балла за каждый правильный ответ**

**Задание 3.** Если запас гликогена в печени человека равен 100 г, то сколько молекул глюкозы можно получить, если использовать половину запасов гликогена?

**Решение:**

Половина от 100 г гликогена составляет 50 г. Молекулярная масса глюкозы в составе гликогена равна 162 («Свободная» глюкоза имеет молекулярную массу 180, но при синтезе гликогена от каждой молекулы глюкозы отщепляется 1 молекула воды). Таким образом, из 162 граммов гликогена можно получить 180 г глюкозы, а из 50 г гликогена  $X$  г глюкозы.

$$X = 50 \text{ г} * 180 \text{ г} / 162 \text{ г} = 55,6 \text{ г глюкозы.}$$

1 моль глюкозы ( $6,02 * 10^{23}$  молекул) имеет массу 180 г.

Мы же имеем только 55,6 г глюкозы, что составляет  $55,6 \text{ г} * 6,02 * 10^{23} \text{ молекул} / 180 \text{ г} = 1,86 * 10^{23}$  молекул глюкозы.

**Ответ:** При использовании половины из 100г гликогена печени можно получить  $1,86 * 10^{23}$  молекул глюкозы.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 4.** У бактерий для защиты от чужеродной ДНК, например от вирусов, есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы ферментами, присоединяющими к основанию метильную группу. Рестриктазы называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, из которой их получают, например, Eco – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. Кроме этого в название могут добавляться обозначения штамма бактерии. При действии такого фермента на очищенную ДНК в ней происходят разрывы в строго определённых местах и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление определённой ДНК различными рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение мест расщепления и построить так называемую рестрикционную карту данной последовательности ДНК.

Из полученной от больного культура бактерий выделили кольцевую плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. При расщеплении плазмидной ДНК различными рестриктазами были получены фрагменты ДНК следующих размеров:

Рестриктаза	Pst II	Hind III	EcoR I	Pst II + Hind III	Hind III+ EcoR I	Pst II + Eco R I
Длина фрагментов тыс. пар нуклеотидов	6,0 4,0.	5,0.	10,0.	4,0; 3,0; 2,0; 1,0.	5,0; 3,0; 2,0.	5,0; 4,0; 1,0.

По этим результатам постройте рестрикционную карту плазмиды. Объясните, как Вы это сделали.

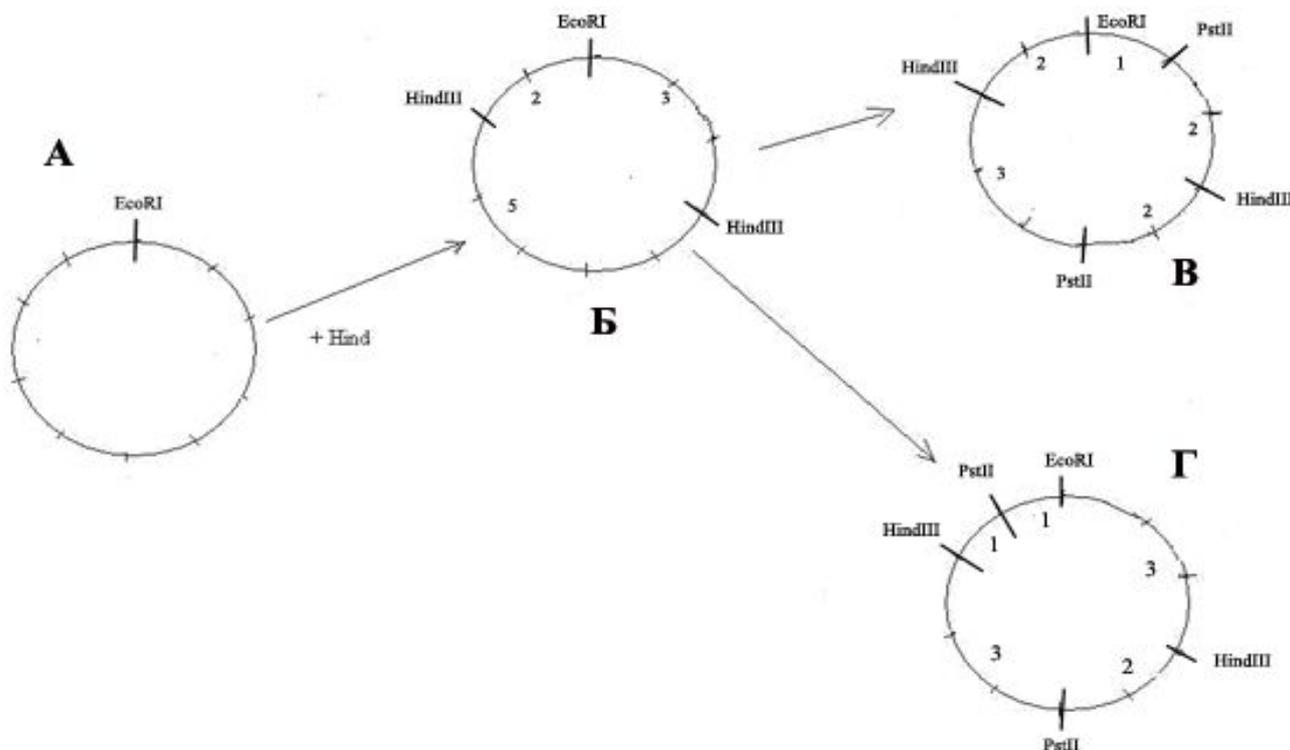
**Решение:**

Так как во всех случаях расщепляется одна и та же плазида, имеющая кольцевую форму, сумма длин фрагментов в каждом столбце должна быть одинаковой. Если в каком-либо столбце сумма меньше, значит один или несколько фрагментов повторяются. В данной задаче при расщеплении Hind III образуется 2 фрагмента по 5 тыс. пар. Сумма длины фрагментов во всех расщеплениях равна 10 тыс. пар нуклеотидов (т.п.н.), следовательно, длина плазмиды равна 10 т.п.н. Так как плазида кольцевая, 1 фрагмент образуется при расщеплении в 1 точке (Eco R I), два фрагмента – при расщеплении в двух точках (Hind III и Pst II).

Удобнее начать с рестриктазы, расщепляющей плазмиду в одной точке (EcoRI). Место расщепления первой рестриктазой наносим на кольцо в произвольной точке (**A**). Hind III расщепляет плазмиду на равные части, размер фрагментов – 5 т.п.н. При расщеплении рестриктазами EcoRI и Hind III один из фрагментов, образованных Hind III, остаётся целым, а второй расщепляется на два фрагмента – 2 и 3 т.п.н., т.е. места расщепления Hind III расположены

по обе стороны от EcoRI на расстоянии 3 и 2 т.п.н. (**Б**). На полученную карту накладываем участки расщепления PstII, используя двойное расщепление EcoRI и PstII. Из двух фрагментов PstII расщепляться EcoRI будет больший на две части размером 5 и 1 т.п.н. Одна точка расщепления PstII будет расположена напротив точки расщепления EcoRI, а вторая на расстоянии 1 т.п.н. от точки расщепления EcoRI справа (**В**) или слева (**Г**) от неё.

Проверяем правильность карты по расщеплению PstII + Hind III. В первом случае (**В**) образуются фрагменты 2, 2, 3 и 3 т.п.н., что не соответствует экспериментальным данным. Вариант (**Г**) даёт фрагменты 1, 2, 3, и 4, что соответствует экспериментальным данным. Таким образом, правильный вариант – карта (**Г**). (Возможно её симметричное изображение, которое также является верным).



**Всего 18 баллов (правильно А – 4 балла, Б -4, конечная карта – 10)**

**Задание 5.** С целью мониторинга численности популяции белки обыкновенной ученые отловили 40 особей, поместили их меткой и отпустили. Затем были произведены случайные отловы

животных с интервалом в 30 дней. Данные по отловам представлены в таблице. Смертность среди меченых и немеченых особей считать одинаковой.

дата	Количество отловленных животных	Из них с меткой
1	42	7
2	44	8
3	38	7

Увеличивается или уменьшается численность данной популяции. Вывод подтвердите расчетами.

**Ответ:** В результате отлова и мечения в популяции оказалось 40 меченных животных, при последующих отловах, доля меченных животных должна соответствовать их доле во всей популяции, т.о.  $40:N=7:42$ . Следовательно  $N_1=40 \times 42 : 7 = 240$ ;  $N_2 = 40 \times 44 : 8 = 220$ ;  $N_3 = 40 \times 38 : 7 \approx 217$

Численность популяции уменьшается.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 6.** В природной популяции канареек с редким вариантом окраски перьев ученые выловили одного самца. При использовании этого самца в условиях неволи как производителя оказалось, что из 879 яиц удалось получить только 662 птенца, из которых выросло 219 самок и 443 самца (т.е. отношение полов во втором поколении отклоняется от 1:1). В дальнейшем оказалось, что у 225 самцов от проведенного скрещивания в потомстве всегда наблюдается примерно такое же отклонение в соотношении полов (в пользу самцов), и примерно такая же доля оплодотворенных яиц оказывается не жизнеспособной. У остальных 218 самцов почти все яйца оказались жизнеспособными, а соотношение самцов и самок в потомстве было близко к 1 : 1. У самок не обнаружено каких-либо наследуемых уклонений от нормы.

**А.** Предложите модель наследования признака жизнеспособности оплодотворенных яиц. Предложите генотипы родителей и потомства первого поколения, объясните полученные результаты.

**Б.** Рассчитайте соотношение по полу среди птенцов во втором поколении ( $F_2$ ), если взять всех потомков, полученных от 443 самцов  $F_1$ .

**В.** В той же природной популяции, откуда был выловлен самец для эксперимента, было оценено соотношение между самками и самцами. Оно оказалась равным 5/8 самцов к 3/8 самок. Оцените среди всех самцов долю таких, генотип которых идентичен генотипу первого самца, выловленного для скрещиваний. Считайте, что популяция канареек панмиктическая, а гибель взрослых птиц в природе не зависит от пола.

**Решение**

А. Рассчитаем долю яиц, из которых не получилось птенцов.

$$(879 - 662) / 879 = 217 / 879 = 0,2469 \approx 0,25 \text{ или } \frac{1}{4}.$$

Рассчитаем общую долю полученного мужского потомства:

$$443 / 879 = 0,5039 \approx 0,5 \text{ или } \frac{1}{2}.$$

Соответственно, на самок приходится:

$$(662 - 443) / 879 = 0,2491 \approx 0,25 \text{ или } \frac{1}{4}.$$

Это означает, что из недоразвившихся яиц должны были вывестись самки, поэтому наблюдается дефицит особей женского пола. По-видимому, мы имеем дело со сцепленным с полом наследованием.

У птиц ZW-система наследования пола. Мужской пол при этом гомогаметный (генотип ZZ), а женский – гетерогаметный (генотип ZW). Самцы первого поколения получают одну Z-хромосому от отца, и одну Z-хромосому от матери. В условии также сказано, что примерно половина ( $225 / 443 = 0,508 \approx 0,5$  или  $\frac{1}{2}$ ) самцов при скрещиваниях дали такой же результат, как отцовский родитель, а другая половина ( $218 / 443 = 0,492 \approx 0,5$  или  $\frac{1}{2}$ ) самцов не обладали отмеченной аномалией. Это наводит на мысль, что исходный самец был гетерозиготным по какому-то гену, сцепленному с половой хромосомой.

Самки получают от отца Z-хромосому, а W-хромосома достается от матери. Примерно половина из всех самок выжила, а другая половина не смогла развиваться. Это еще раз подтверждает гипотезу о гетерозиготности самца.

Таким образом, изучаемый признак – это сцепленная с Z-хромосомой летальность зародышей. Поскольку все самцы выжили, аллель, обуславливающий летальность, рецессивный. Теперь можно ввести обозначения:

$Z^L$  – нормальный доминантный аллель;  $Z^l$  – летальный рецессивный аллель

$$P: \quad \text{♀} Z^L W \quad \times \quad \text{♂} Z^L Z^l$$

$$G: \quad Z^L \quad W \quad \quad \quad Z^L \quad Z^l$$

$$F_1: \quad \text{♀} Z^L W \quad \text{♀} Z^l W (\text{леталь}) \quad \text{♂} Z^L Z^l \quad \text{♂} Z^l Z^l$$

Таким образом, по приведенной схеме должно получиться 25% нежизнеспособных яиц ( $Z^l W$ ), из 25% выведутся самки ( $Z^L W$ ), а еще из 50% – самцы. Самцы не одинаковы по генотипу: 25% – носители летального аллеля ( $Z^l Z^l$ ) и еще 25% – нормальные ( $Z^L Z^l$ ).

**Ответ:** рецессивный аллель  $Z^l$ , обуславливающий летальность эмбрионов, сцеплен с половой Z-хромосомой. Отец гетерозиготен по этому аллелю (генотип  $Z^L Z^l$ ), мать – нормальная (генотип  $Z^L W$ ).

**10 баллов**

Б. Для дальнейших расчетов необходимо провести скрещивания среди потомков F<sub>1</sub>. Заметим, что самки никогда не могут быть носителями аллеля  $z^l$ . Отообразим возможные варианты скрещиваний в виде решетки Пеннета.

гаметы ♂		самцы $Z^L Z^L$		самцы $Z^L z^l$	
		$Z^L$	$z^l$	$Z^L$	$z^l$
♀	$Z^L W$	$Z^L Z^L$ (самцы)	$Z^L z^l$ (самцы)	$Z^L Z^L$ (самцы)	$Z^L z^l$ (самцы)
	$w$	$Z^L W$ (самки)	$Z^L W$ (самки)	$Z^L W$ (самки)	$Z^L W$ (самки)

Видно, что только в одном из вариантов сочетания гамет возникнут нежизнеспособные особи ( $Z^L W$  – показано заливкой). В остальных случаях зародыши жизнеспособны. В итоге получится соотношение 4 самца к 3 самкам.

Ответ: 4/7 (0,57 или 57%) – самцы; 3/7 (0,43 или 43%) – самки.

10 баллов

В. Для оценки числа самцов-носителей аллеля  $z^l$  в популяции модифицируем таблицу из части Б. Обозначим частоту встречаемости летального аллеля  $z^l$  среди гамет самцов предыдущего поколения как  $q$ , а нормального аллеля  $Z^L$  среди гамет самцов предыдущего поколения – как  $p$ .

гаметы ♂		самцы пред. покол. $Z^L Z^L$	самцы пред. покол. $Z^L z^l$
		$p \times Z^L$	
♀	самки пред. покол. $Z^L W$	$p \times 0,5$ $Z^L Z^L$ (самцы) $Z^L z^l$ (самцы) $Z^L Z^L$ (самцы)	$q \times 0,5$ $Z^L z^l$ (самцы)
	$Z^L w$	$Z^L W$ (самки) $p \times 0,5$ $Z^L W$ (самки)	$Z^L w$ (самки) $q \times 0,5$ $Z^L w$ (самки)

Видно, что доля самцов-носителей летального аллеля ( $Z^L z^l$ ), идентичных по генотипу исходному самцу, пойманному для скрещиваний, равна доле нежизнеспособных яиц  $Z^L w$ , и равна  $q \times 0,5$ . Таким образом, достаточно оценить долю нежизнеспособных яиц, из которых должны были получиться «недостающие» самки.

В условии сказано, что доля самцов составляет 5/8, а доля самок – 3/8. Очевидно, что «недостаток» самок составляет 2/8. Это означает, что из 5/8 самцов 2/8 являются носителями летального аллеля. Поскольку нам нужно оценить долю носителей среди всех самцов, нужно

разделить 2/8 на 5/8. Таким образом, доля самцов-носителей летального аллеля составит 0,4 или 40%.

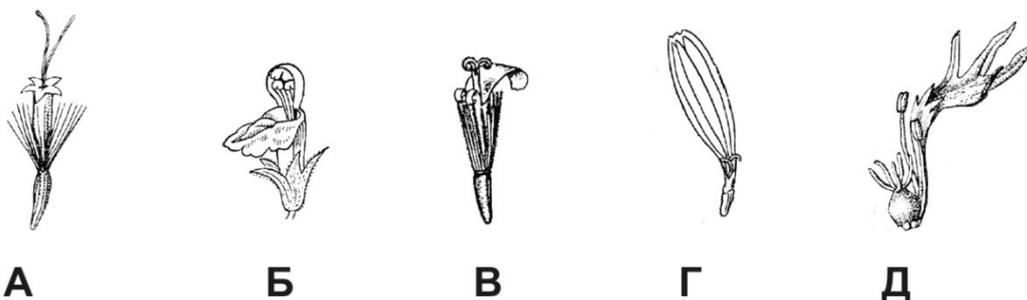
Ответ: на момент исследования доля самцов с генотипом  $Z^L Z^l$  от общего числа самцов в популяции составляет 0,4 или 40%.

10 баллов

Всего 30 баллов

«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» 2015-2016 10-11 класс . Вариант 5.

**Задание 1.** Укажите, под какими буквами изображены цветки семейства Астровые (Сложноцветные). Как называются типы этих цветков?



Ответ: А - трубчатый, В - двугубый, Г – ложноязычковый

12 баллов – по 4 за каждый правильный ответ

**Задание 2.** Внимательно прочитайте характеристику и определите, о какой группе животных идёт речь. Напишите для каждой строки таблицы названия типов и классов животных, признаки которых соответствуют данной характеристике.

	Характеристика
А	Тело несегментированное, почти у всех представителей двустороннесимметричное. Кровеносная система незамкнутая, вторичная полость тела невелика по объёму. Голова редуцирована. Жабры участвуют в процессе питания.
Б	Покровы представлены слоем кожно-мускульных клеток, между которыми располагаются клетки других типов. В жизненном цикле обычно чередуются прикреплённая стадия и

	плавающая стадия. Большинство видов обитает в морях, некоторые пресноводные.
<b>В</b>	Тело двустороннесимметричное, обычно членистое. Кровеносная и пищеварительная системы отсутствуют
<b>Г</b>	Развита вторичная полость тела. Конечности суставчатые (если имеются). Кровеносная система замкнутая, сердце трёхкамерное, два круга кровообращения.

**Ответ: В строках даны возможные варианты правильных ответов**

	Тип	Класс
<b>А</b>	Моллюски	Двустворчатые/ Двустворки
<b>Б</b>	Кишечнополостные/ Стрекающие/ Стрекающие кишечнополостные/ Книдарии	Гидроидные/Гидроиды/Гидроидные полипы/ Гидрозоа
<b>В</b>	Плоские черви	Ленточные черви /Ленточные/Цестоды
<b>Г</b>	Хордовые	Земноводные/Амфибии

**16 баллов – по 2 балла за каждый правильный ответ**

**Задание 3.** Если из 1 моля глюкозы можно получить 686 ккал энергии (теоретически), то сколько энергии запасено в 100 г гликогена? Для упрощения изменением энергии при отщеплении от гликогена 1 молекулы глюкозы пренебрегаем.

**Решение:**

1 моль глюкозы равен 180 граммам. Значит, в 180 г глюкозы запасено 686 ккал. Молекулярная масса глюкозы в составе гликогена соответствует 162 г, т.к. формула гликогена  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . 1 моль

«свободной» глюкозы имеет массу 180 г. Отсюда следует, что 100 г гликогена при расщеплении дадут X г глюкозы.

$$X = 100 \text{ г} * 180/162 \text{ г} = 111,1 \text{ г глюкозы.}$$

Так как из 180 г глюкозы получается 686 ккал, то 111,1 г глюкозы –

$$111,1 \text{ г} * 686 \text{ ккал}/180 \text{ г} = 423,4 \text{ ккал.}$$

**Ответ: В 100 г гликогена запасено 423,4 ккал энергии.**

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 4.** У бактерий для защиты от чужеродной ДНК, например от вирусов, есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы ферментами, присоединяющими к основанию метильную группу. Рестриктазы называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, из которой их получают, например, Eco – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. Кроме этого в название могут добавляться обозначения штамма бактерии. При действии такого фермента на очищенную ДНК в ней происходят разрывы в строго определённых местах и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление определённой ДНК различными рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение мест расщепления и построить так называемую рестрикционную карту данной последовательности ДНК.

Из полученной от больного культура бактерий выделили кольцевую плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. При расщеплении плазмидной ДНК различными рестриктазами были получены фрагменты ДНК следующих размеров:

Рестриктаза	Bam H I	Hind III	EcoR I	Bam H I +Hind III	Hind III + EcoR I	Bam HI +Eco R I
Длина фрагментов тыс. пар нуклеотидов	12,0.	6,0.	6,0.	6,0; 3,0.	4,0; 2,0.	6,0 5,0; 1,0.

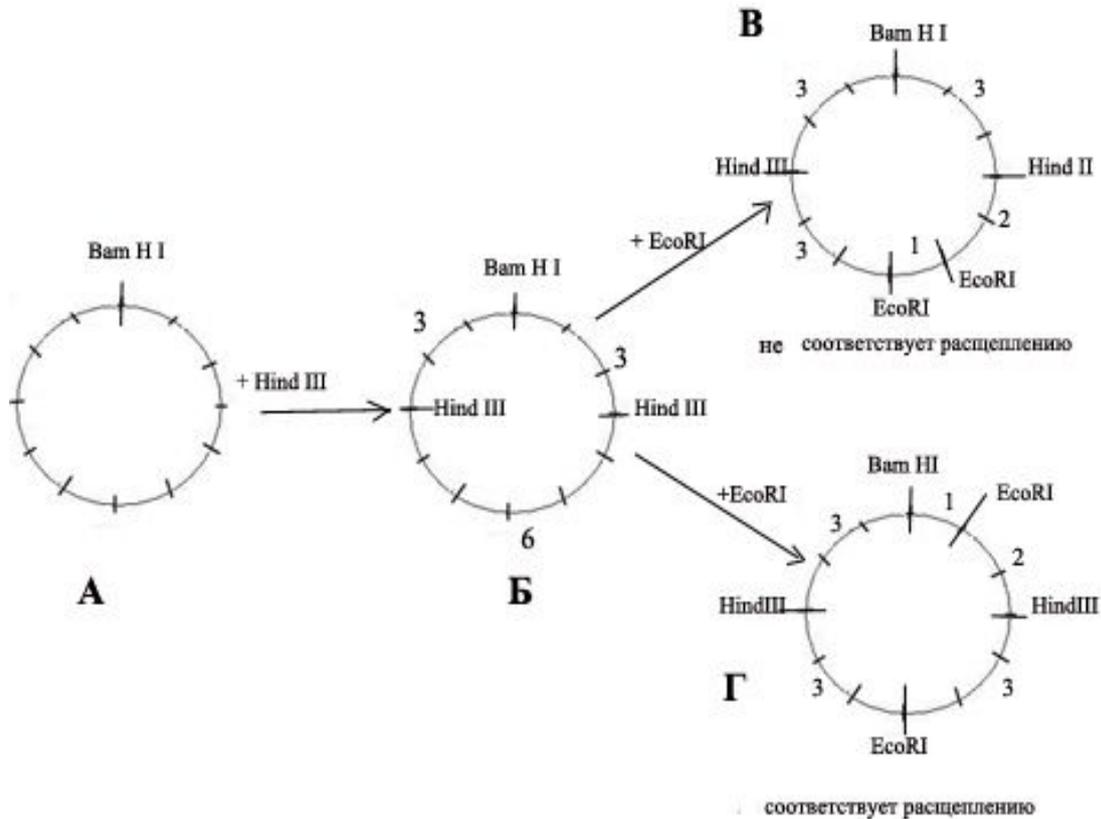
По этим результатам постройте рестрикционную карту плазмиды. Объясните, как Вы это сделали.

## Решение:

Так как во всех случаях расщепляется одна и та же плазмида, имеющая кольцевую форму, сумма длин фрагментов в каждом столбце должна быть одинаковой. Если в каком-либо столбце сумма меньше, значит один или несколько фрагментов повторяются. В данной задаче при расщеплении Hind III образуется 2 фрагмента по 6 тыс. пар, а при расщеплении Hind III и Bam H I - 2 фрагмента по 3 тыс. пар. Сумма длины фрагментов во всех расщеплениях равна 12 тыс. пар нуклеотидов (т.п.н.), следовательно, длина плазмиды равна 12 т.п.н. Так как плазмида кольцевая, 1 фрагмент образуется при расщеплении в 1 точке (Bam H I), два фрагмента – при расщеплении в двух точках (Hind III и Eco R I).

Удобнее начать с рестриктазы, расщепляющей плазмиду в одной точке. Место расщепления первой рестриктазой наносим на кольцо в произвольной точке (**А**). Hind III расщепляет плазмиду на равные части, размер фрагментов – 6 т.п.н. При расщеплении рестриктазами Bam H I и Hind III один из фрагментов, образованных Hind III, остаётся целым, а второй расщепляется на два равных по длине фрагмента, т.е. места расщепления Hind III расположены симметрично по обе стороны от Bam H I на расстоянии 3 т.п.н. (**Б**). На полученную карту накладываем участки расщепления EcoRI, используя двойное расщепление EcoRI и Bam H I. Из двух фрагментов EcoRI расщепляться Bam H I будет больший на две части размером 5 и 6 т.п.н. Одна точка расщепления будет расположена напротив точки расщепления Bam H I, а вторая на расстоянии 1 т.п.н. от точки расщепления EcoRI (**В**) или от точки расщепления Bam H I (**Г**).

Проверяем правильность карты по расщеплению EcoRI + Hind III. В первом случае (**В**) образуются фрагменты 1, 2, 3 и 6 т.п.н., что не соответствует экспериментальным данным. Вариант (**Г**) даёт фрагменты 2, 3, 3, и 4, что соответствует экспериментальным данным. Таким образом правильный вариант – карта (**Г**). (Возможно её симметричное изображение, которое также является верным).



Всего 18 баллов (правильно А – 4 балла, Б -4, конечная карта – 10)

**Задание 5.** С целью мониторинга численности популяции суслика ученые отловили 60 особей, поместили их меткой и отпустили. Затем были произведены случайные отловы животных с интервалом в 30 дней. Данные по отловам представлены в таблице. Смертность среди меченых и немеченых особей считать одинаковой.

дата	Количество отловленных животных	Из них с меткой
1	72	24
2	68	20

3	71	19
---	----	----

Каким образом изменяется численность данной популяции. Вывод подтвердите расчетами.

**Ответ:** В результате отлова и мечения в популяции оказалось 60 меченных животных, при последующих отловах, доля меченных животных должна соответствовать их доле во всей популяции, т.о.  $60:N=24:72$ . Следовательно  $N_1=60 \times 72 : 24 = 180$ ;  $N_2 = 60 \times 68 : 20 = 204$ ;  $N_3 = 60 \times 71 : 19 \sim 224$

Численность популяции увеличивается

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

.

**Задание 6.** При исследовании генов цветового зрения у населения одного из высокогорных изолированных регионов было выявлено, что 32% от всех женщин – потенциальные тетрахроматики. Кроме нормальных аллелей генов OPN1SW (отвечает за восприятие синего света) и OPN1LW (отвечает за восприятие красного света), они гетерозиготны по гену OPN1MW, расположенному в X-хромосоме. Аллель OPN1MW1 кодирует белок-опсин, отвечающий за восприятие зеленого света в области 527 нм, а аллель OPN1MW2 кодирует белок-опсин, отвечающий за восприятие желтого света в области 540 нм. Таким образом, у этих женщин могло бы быть не 3 (как в норме у трихроматиков), а 4 типа колбочек – воспринимающие красный, желтый, зеленый и синий цвета спектра.

Считайте изолированную горную популяцию равновесной и панмиктической. Допустим также, что другие аллели генов, кроме указанных выше, в популяции отсутствуют.

**А.** Оцените частоту встречаемости аллеля OPN1MW1, если известно, что он более распространен, чем аллель OPN1MW2.

**Б.** Оцените долю людей в популяции, страдающих нарушением восприятия цвета в зеленой области спектра.

**В.** Оцените в популяции долю людей-трихроматиков, имеющих аллель OPN1MW1.

**Решение**

**А.** Женщины-тетрахроматики – это гетерозиготы OPN1MW1 OPN1MW2. Для упрощения обозначений примем, что аллель OPN1MW1 – это  $X^{ЗЕЛ}$ , а аллель OPN1MW2 – это  $X^{ЖЕЛТ}$ . Согласно закону Харди-Вайнберга, доля гетерозигот составляет  $2pq$ , где  $p$  – частота встречаемости одного аллеля (допустим,  $X^{ЗЕЛ}$ ), а  $q$  – частота встречаемости другого аллеля ( $X^{ЖЕЛТ}$ ). Эти частоты связаны между собой уравнением:  $p + q = 1$ , т.е.  $q = 1 - p$ .

Тогда справедливо уравнение:

$$2pq = 0,32; \quad pq = 0,16$$

$$p(1 - p) = 0,16$$

$$p - p^2 = 0,16$$

$$p^2 - p + 0,16 = 0$$

Найдем корни этого квадратного уравнения через дискриминант.

$$D = b^2 - 4ac = 1 - 4 \times 1 \times 0,16 = 1 - 0,64 = 0,36$$

$$x_{1,2} = [-b \pm \sqrt{D}] / 2a = [1 \pm \sqrt{0,36}] / 2 = [1 \pm 0,6] / 2$$

$$\text{отсюда } x_1 = [1 + 0,6] / 2 = 1,6 / 2 = 0,8$$

$$x_2 = [1 - 0,6] / 2 = 0,4 / 2 = 0,2$$

Поскольку известно, что аллель OPN1MW1 ( $X^{ЗЕЛ}$ ) встречается чаще, частота его встречаемости  $p$  будет равна 0,8.

Частота встречаемости аллеля OPN1MW2 ( $X^{ЖЕЛТ}$ )  $q$  равна 0,2.

**Ответ: частота встречаемости аллеля OPN1MW1 – 0,8 или 80%;**

**частота встречаемости аллеля OPN1MW2 – 0,2 или 20%.**

**10 баллов**

Б. Нарушением восприятия света в зелёной области будут страдать либо женщины-гомозиготы с генотипом  $X^{ЖЕЛТ}X^{ЖЕЛТ}$ , либо мужчины с генотипом  $X^{ЖЕЛТ}Y$ . Доля мужчин в популяции равна  $\frac{1}{2}$ . Вероятность получить от матери аллель  $X^{ЖЕЛТ}$  для мужчин равна частоте встречаемости этого аллеля. Таким образом, мужчины с нарушенным восприятием в зеленой части спектра, составят:

$$\frac{1}{2} \times 0,2 = 0,1 \text{ (или 10\%).}$$

Доля женщин также составляет  $\frac{1}{2}$  от всей популяции. При этом для нарушения восприятия в зеленой части спектра женщина должна получить аллель  $X^{ЖЕЛТ}$  как от отца, так и от матери. Перемножая частоты встречаемости (с учетом доли женщин в популяции), получим:

$$\frac{1}{2} \times 0,2 \times 0,2 = 0,02 \text{ (или 2\%).}$$

Суммарная доля людей с нарушенным восприятием цвета в зеленой части спектра составляет, таким образом,  $0,1 + 0,02 = 0,12$  (или 12%).

**Ответ: доля людей с нарушенным восприятием цвета в зеленой части спектра равна 0,12 (или 12%).**

**10 баллов**

**В.** В этой части задачи нужно оценить суммарную долю мужчин с генотипом  $X^{ЗЕЛ}Y$  и женщин-гомозигот с генотипом  $X^{ЗЕЛ}X^{ЗЕЛ}$ . Именно они окажутся трихроматиками с нормальным восприятием зеленой части спектра. Рассуждая аналогично, можно рассчитать, что доля мужчин  $X^{ЗЕЛ}Y$  равна:

$$\frac{1}{2} \times 0,8 = 0,4 \text{ (или 40\%).}$$

Доля женщин составит:

$$\frac{1}{2} \times 0,8 \times 0,8 = 0,32 \text{ (или 32\%).}$$

Итого, нормальных тетрахроматиков окажется:

$$0,4 + 0,32 = 0,72 \text{ (или 72\%).}$$

**Ответ: доля людей-трихроматиков с нормальным восприятием цвета в зеленой части спектра равна 0,72 (или 72%).**

**Примечание к решению.** В конце необходимо проверить себя, правильно ли проведены расчеты. Итак, 12% людей составляют трихроматики, плохо воспринимающие зеленые оттенки, еще 72% - люди с трихроматическим нормальным зрением. На долю тетрахроматиков остается:  $100\% - (72\% + 12\%) = 100\% - 84\% = 16\%$ .

Обратим внимание, что доля мужчин уже составила 50% (10% с нарушенным и 40% с нормальным восприятием зеленого). Таким образом, все 16% потенциальных тетрахроматиков приходится на женщин. Чтобы перейти к доле тетрахроматиков только среди женщин (а не во всей популяции, как мы только что рассчитывали), нужно дополнительно 16% разделить на  $\frac{1}{2}$ .

$16\% : \frac{1}{2} = 32\%$ . Это значение вполне совпадает с условием задачи.

**10 баллов**

**Всего 30 баллов**

**«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» 2015-2016 10-11 класс .**

**Вариант 6**

**Задание 1.** Укажите, под какими буквами изображены цветки семейства Астровые (Сложноцветные). Как называются типы этих цветков?



**А**



**Б**



**В**



**Г**



**Д**

Ответ: Б - двугубый, Г - ложноязычковый, Д – воронковидный.

12 баллов – по 4 за каждый правильный ответ

**Задание 2.** Внимательно прочитайте характеристику и определите, о какой группе животных идёт речь. Напишите для каждой строки таблицы названия типов и классов животных, признаки которых соответствуют данной характеристике.

	Характеристика
<b>А</b>	Кожно-мускульный мешок с одним слоем мускулатуры. Имеются рот и анальное отверстие. Выделительная система представлена одной или несколькими крупными клетками.
<b>Б</b>	Тело чаще всего округлое в поперечном сечении. На сегментах туловища имеются парные нечленистые боковые выросты, которые используются при передвижении. Морские виды (за редким исключением). Обычно есть личиночная стадия, выполняющая функцию расселения.
<b>В</b>	Отсутствуют полость тела и кровеносная система. Кожно-мускульный мешок включает более двух слоёв мускулатуры. Эндопаразиты, жизненный цикл со сменой хозяина. Имеют две присоски.
<b>Г</b>	Линяющие животные. Органы дыхания – лёгочные мешки и/или трахеи. Глаза (если имеются) простые.

Ответ: В строках даны возможные варианты правильных ответов

	Тип	Класс
<b>А</b>	Круглые черви/Нематоды	Круглые черви/Нематоды

<b>Б</b>	Кольчатые черви/Аннелиды	Многощетинковые/ Многощетинковые черви/Полихеты
<b>В</b>	Плоские черви	Сосальщики/ Трематоды/ Дигенетические сосальщики/Дигенеи
<b>Г</b>	Членистоногие/Артроподы	Паукообразные/ Арахниды

**16 баллов – по 2 балла за каждый правильный ответ**

**Задание 3.** Одна молекула АТФ диссоциирует до АДФ и фосфата, высвобождая свободную энергию, а затем АДФ опять вступает в реакцию образования АТФ. По некоторым данным такой цикл для усредненной молекулы АТФ происходит 1 раз в минуту. Сколько времени 1 моль АТФ сможет в среднем «проработать», используя 1 моль глюкозы?

**Решение:**

При полном расщеплении 1 моля глюкозы в результате анаэробного гликолиза и в цикле Кребса образуется до 38 молей АТФ (по другим данным 30-32 моля АТФ, но так как в большинстве учебников фигурируют 38 молей АТФ как продукция полного окисления 1 моля глюкозы, то в первую очередь оперируем этими данными). Так как глюкоза окисляется последовательно в несколько стадий, а не одновременно, то вполне можно предположить, что при экономном расходовании высвобождающейся энергии 1 моля глюкозы хватит, чтобы 1 моль АТФ мог «проработать» 38 минут (ну, или по другим данным 30-32 минуты).

**Ответ: 38 (30-32) минуты.**

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 4.** У бактерий для защиты от чужеродной ДНК, например от вирусов, есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы ферментами, присоединяющими к основанию метильную группу. Рестриктазы называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, из которой их получают, например, Eco – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. Кроме этого в название могут добавляться обозначения штамма бактерии. При действии такого фермента на очищенную ДНК в ней происходят разрывы в строго определённых местах и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление определённой ДНК различными рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение мест расщепления и построить так называемую рестрикционную карту данной последовательности ДНК.

Из полученной от больного культура бактерий выделили кольцевую плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. При расщеплении плазмидной ДНК различными рестриктазами были получены фрагменты ДНК следующих размеров:

Рестриктаза	Pst	Hind III	Xho I	Pst + Hind III	Hind III+ Xho I	Pst + Xho I
Длина фрагментов тыс. пар нуклеотидов	8,5; 2,5.	5,5.	11,0.	5,0; 3,5; 2,0; 0,5.	5,5; 3,0; 2,5.	8,0; 2,5; 0,5.

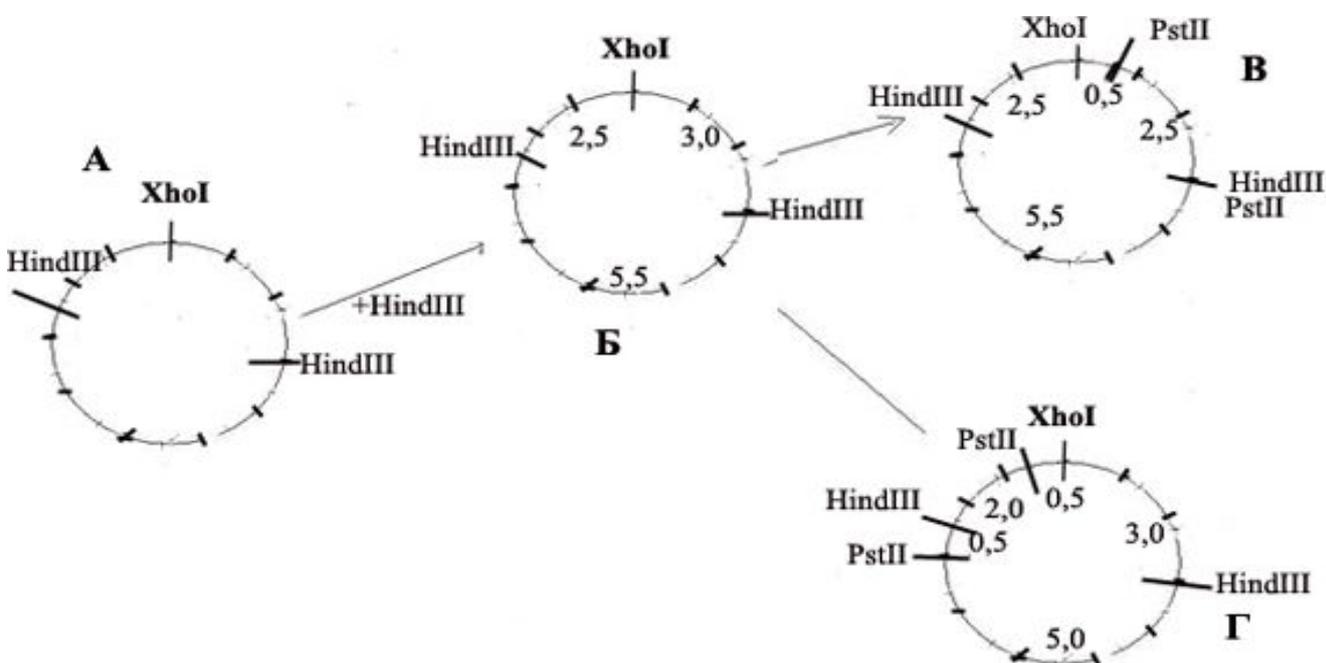
По этим результатам постройте рестрикционную карту плазмиды. Объясните, как Вы это сделали.

Так как во всех случаях расщепляется одна и та же плазида, имеющая кольцевую форму, сумма длин фрагментов в каждом столбце должна быть одинаковой. Если в каком-либо столбце сумма меньше, значит один или несколько фрагментов повторяются. В данной задаче при расщеплении Hind III образуется 2 фрагмента по 5,5 тыс. пар. Сумма длины фрагментов во всех расщеплениях равна 11 тыс. пар нуклеотидов (т.п.н.), следовательно, длина плазмиды равна 11 т.п.н. Так как плазида кольцевая, 1 фрагмент образуется при расщеплении в 1 точке (Eco R I), два фрагмента – при расщеплении в двух точках (Hind III и Pst II).

Удобнее начать с рестриктазы, расщепляющей плазмиду в одной точке (Xho I). Место расщепления первой рестриктазой наносим на кольцо в произвольной точке (А). Hind III расщепляет плазмиду на равные части, размер фрагментов – 5,5 т.п.н. При расщеплении рестриктазами Xho I и Hind III один из фрагментов, образованных Hind III, остаётся целым, а второй расщепляется на два фрагмента – 2,5 и 3,0 т.п.н., т.е. места расщепления Hind III расположены по обе стороны от Bam H I на расстоянии 3,0 и 2,5 т.п.н. (Б). На полученную карту накладываем участки расщепления PstII, используя двойное расщепление Xho I и PstII. Из двух фрагментов PstII расщепляться Xho I будет больший на две части размером 0,5 и 8,0 т.п.н. Одна точка расщепления

PstII будет расположена на расстоянии 0,5 т.п.н. от точки расщепления Xho I справа (**В**) или слева (**Г**) от неё, а вторая – через 2,5 т.п.н. от первой в том же направлении. В случае (**В**) точки расщепления PstII и HindIII совпадут.

Проверяем правильность карты по расщеплению PstII + Hind III. В первом случае (**В**) образуются фрагменты 2,5, 3,0 и 5,5 т.п.н., что не соответствует экспериментальным данным. Вариант (**Г**) даёт фрагменты 0,5, 2,0, 3,5 и 5,0, что соответствует экспериментальным данным. Таким образом, правильный вариант – карта (**Г**). (Возможно её симметричное изображение, которое также является верным).



Всего 18 баллов (правильно А – 4 балла, Б -4, конечная карта – 10)

**Задание 5.** С целью мониторинга численности популяции водяной ночницы отловили 80 особей, поместили их меткой и отпустили. Затем были произведены случайные отловы животных с интервалом в 30 дней. Данные по отловам представлены в таблице. Смертность среди меченых и немеченых особей считать одинаковой.

дата	Количество отловленных животных	Из них с меткой
1	90	25
2	78	20
3	84	21

Каким образом изменяется численность данной популяции. Вывод подтвердите расчетами.

**Ответ:** В результате отлова и мечения в популяции оказалось 80 меченных животных, при последующих отловах, доля меченных животных должна соответствовать их доле во всей популяции, т.о.  $80:N=25:90$ . Следовательно  $N_1=80 \times 90 : 25 = 288$ ;  $N_2 = 80 \times 78 : 20 = 312$ ;  $N_3 = 80 \times 84 : 21 = 320$

Численность популяции увеличивается.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 6.** Одно из многочисленных племён североамериканских индейцев живет в резервациях на юго-западе США. Согласно переписи населения 2011 года, к индейцам этого племени относятся около 300 000 человек. Из-за близкородственных браков у них чаще, чем в других популяциях, наблюдается наследственное заболевание – пигментный ретинит, вызванный дисфункцией палочек в сетчатке. У заболевшего с возрастом сужается поле зрения, глаза плохо адаптируются к темноте. Допустим, что признак доминантный и сцеплен с X-хромосомой. Частота встречаемости заболевания среди мужчин-индейцев – 1 на 2000 человек.

**А.** Считая популяцию этой страны равновесной и панмиктической, оцените частоту встречаемости аллеля, определяющего пигментный ретинит.

**Б.** Оцените число женщин, страдающих от пигментного ретинита, среди всех индейцев резервации.

**В.** Оцените общее число больных пигментным ретинитом среди индейцев данного племени.

### Решение

**А.** В условии сказано, что пигментный ретинит – заболевание, наследующееся сцеплено с полом. Обозначим аллель пигментного ретинита как  $X^R$ , а его частоту встречаемости – как  $p$ . Аллель, обеспечивающий нормальную функцию палочек сетчатки обозначим как  $X^r$ , а его частоту встречаемости – как  $q$ .

Поскольку мужчины получают X-хромосому от матери, доля мужчин с пигментным ретинитом будет равна частоте встречаемости аллеля  $X^R$ .

$$p = 1 / 2000 = 0,0005 = 0,05\%$$

**Ответ:** частота встречаемости аллеля пигментного ретинита равна **0,0005 (0,05%)**.

### 10 баллов

**Б.** Женщины, больные ретинитом, либо гетерозиготны (генотип  $X^R X^r$ ), либо гомозиготны (генотип  $X^R X^R$ ). Согласно закону Харди-Вайнберга, доля гетерозигот составляет  $2pq$ , где  $p$  – частота встречаемости одного аллеля (для аллеля  $X^R$  мы установили, что она равна 0,0005), а  $q$  – частота встречаемости другого аллеля (для  $X^r$  она равна  $q = 1 - p = 1 - 0,0005 = 0,9995$  [поскольку в задаче требуется привести оценку, то 0,9995 можно округлить до 1]).

Соответственно, доля женщин-гетерозигот среди всего женского населения равна  $2 \times 0,9995 \times 0,0005 = 0,0009975 \approx 0,001$ .

Доля гомозигот  $X^R X^R$  среди всего женского населения составляет

$p^2 = 0,0005^2 = 0,00000025$ . При такой частоте встречаемости генотипа для рождения гомозиготной женщины панмиктическая популяция должна состоять примерно из 4 млн. человек. Это означает, что доля гомозигот пренебрежимо мала и несущественно влияет на общую оценку.

Поскольку женщины составляют  $\frac{1}{2}$  популяции, то число женщин с пигментным ретинитом составит:

$$300\ 000 \text{ чел.} \times 0,001 / 2 = 150 \text{ чел.}$$

**Ответ: общее число женщин с пигментным ретинитом в популяции индейцев составит около 150 чел.**

**10 баллов**

**В.** Половину населения страны составляют мужчины. Среди них пигментный ретинит распространен в соотношении 1 больной / 2000 чел. Соответственно, число больных мужчин будет

$$\frac{1}{2} \times 300\ 000 \times 1 \text{ больной} / 2000 \text{ чел.} = 75 \text{ чел.}$$

Для женщин мы уже рассчитали число больных в племени: это около 150 чел. Итого число индейцев с пигментным ретинитом равно  $75 + 150 = 225$  чел.

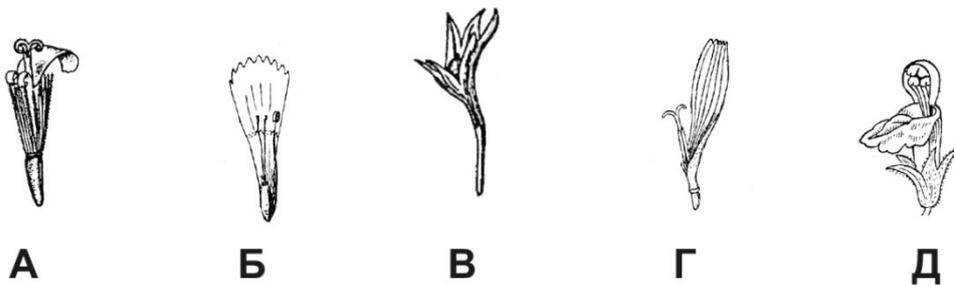
**Ответ: общее число больных пигментным ретинитом в популяции индейцев составит около 225 чел.**

**10 баллов**

**Всего 30 баллов**

**«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» 2015-2016 10-11 класс. Вариант 7.**

**Задание 1.** Укажите, под какими буквами изображены цветки семейства Астровые (Сложноцветные). Как называются типы этих цветков?



Ответ: А - двугубый, В – воронковидный, Г - язычковый.

12 баллов – по 4 за каждый правильный ответ

**Задание 2.** Внимательно прочитайте характеристику и определите, о какой группе животных идёт речь. Напишите для каждой строки таблицы названия типов и классов животных, признаки которых соответствуют данной характеристике.

	Характеристика
А	Имеются многочисленные органы выделения, расположенные попарно. На переднем и заднем концах тела находятся две присоски. Кишечник обычно с боковыми выростами.
Б	Отсутствует полостное пищеварение. Развита паренхима. Гермафродитная половая система.
В	Тело подразделено на сегменты. Имеется две пары антенн (усиков) и ротовой аппарат из нескольких пар видоизменённых конечностей. Есть морские, пресноводные, наземные виды.
Г	Передвижение за счёт ресничек и мускулатуры. Двусторонняя симметрия. Анального отверстия нет.

Ответ: В строках даны возможные варианты правильных ответов

Тип	Класс

<b>А</b>	Кольчатые черви/Аннелиды	Пиявки
<b>Б</b>	Плоские черви	Ленточные черви /Ленточные/Цестоды
<b>В</b>	Членистоногие/ Артроподы	Ракообразные
<b>Г</b>	Плоские черви	Ресничные черви/Турбеллярии

**16 баллов – по 2 балла за каждый правильный ответ**

**Задание 3.** Если 100 г белого хлеба содержит 40 г крахмала, то сколько молей глюкозы поступит в кровь при 100% его утилизации?

**Решение:**

Формула крахмала  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Молекулой-мономером в составе крахмала является глюкоза, которая при образовании гликозидной связи теряет 1 молекулу воды. Молекулярная масса глюкозы в составе крахмала равна 162. Молекулярная масса «свободной» глюкозы равна 180. Значит, из 162 г крахмала образуется 180 г глюкозы или 1 моль. Следовательно, из 100 г белого хлеба, содержащего 40 г крахмала можно получить X молей глюкозы:  $40 \text{ г} \cdot 1 \text{ моль} / 162 \text{ г} = 0,247$  моля глюкозы, или 247 ммоль.

**Ответ:** Из 100 г белого хлеба можно получить 247 ммоль глюкозы.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 4.** У бактерий для защиты от чужеродной ДНК, например от вирусов, есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы ферментами, присоединяющими к основанию метильную группу. Рестриктазы называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, из которой их получают, например, Eco – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. Кроме этого в название могут добавляться обозначения штамма бактерии. При действии такого фермента на очищенную ДНК в ней происходят разрывы в строго определённых местах и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление определённой ДНК различными рестриктазами и их комбинациями, можно

определить относительное расположение мест расщепления и построить так называемую рестрикционную карту данной последовательности ДНК.

Из полученной от больного культура бактерий выделили кольцевую плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. При расщеплении плазмидной ДНК различными рестриктазами были получены фрагменты ДНК следующих размеров:

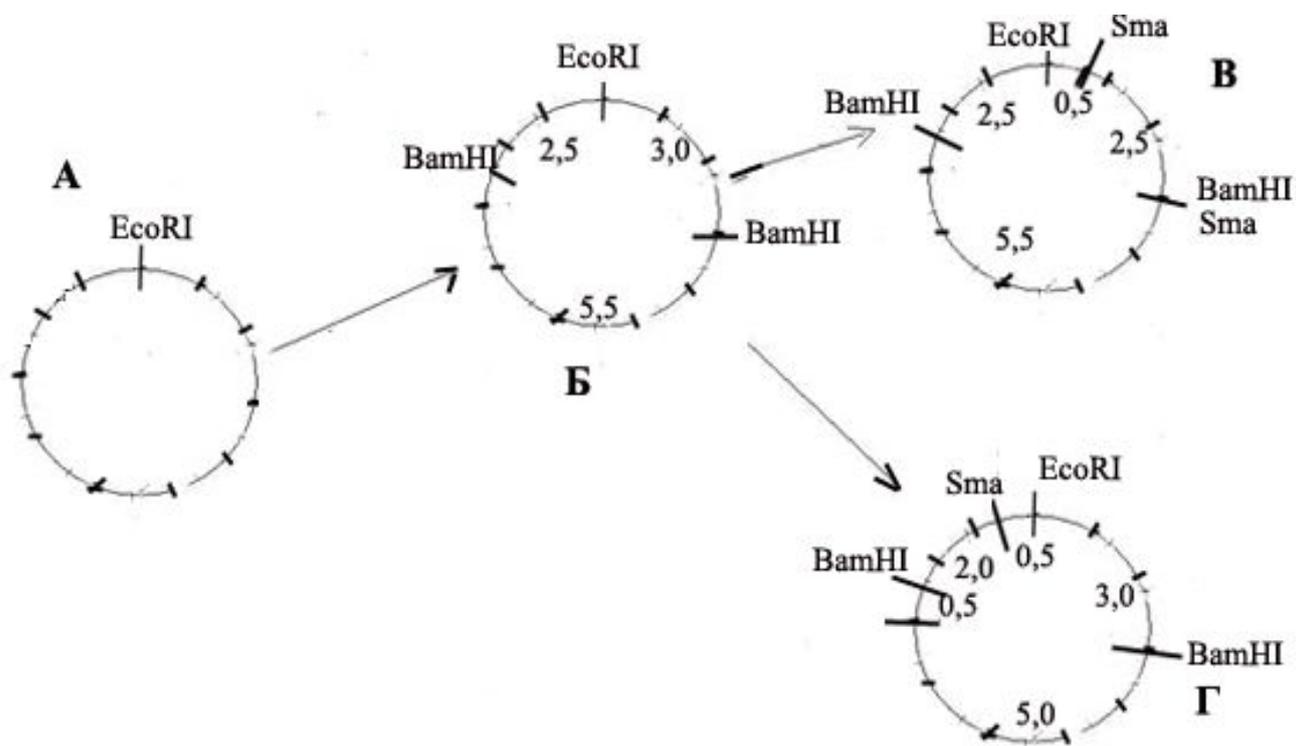
Рестриктаза	Sma	Bam H1	EcoR I	Sma+ Bam H1	Bam H1 + EcoR I	Sma + Eco R I
Длина фрагментов тыс. пар нуклеотидов	8,5; 2,5.	5,5.	11,0.	5,0; 3,5; 2,0; 0,5.	5,5; 3,0; 2,5.	8,0; 2,5; 0,5.

По этим результатам постройте рестрикционную карту плазмиды. Объясните, как Вы это сделали.

Так как во всех случаях расщепляется одна и та же плаزمида, имеющая кольцевую форму, сумма длин фрагментов в каждом столбце должна быть одинаковой. Если в каком-либо столбце сумма меньше, значит один или несколько фрагментов повторяются. В данной задаче при расщеплении BamHI образуется 2 фрагмента по 5,5 тыс. пар. Сумма длины фрагментов во всех расщеплениях равна 11 тыс. пар нуклеотидов (т.п.н.), следовательно, длина плазмиды равна 11 т.п.н. Так как плазмиды кольцевая, 1 фрагмент образуется при расщеплении в 1 точке (Eco R I), два фрагмента – при расщеплении в двух точках (BamHI и Sma).

Удобнее начать с рестриктазы, расщепляющей плазмиду в одной точке (Xho I). Место расщепления первой рестриктазой наносим на кольцо в произвольной точке (А). BamHI расщепляет плазмиду на равные части, размер фрагментов – 5,5 т.п.н. При расщеплении рестриктазами EcoRI и BamHI один из фрагментов, образованных Hind III, остаётся целым, а второй расщепляется на два фрагмента – 2,5 и 3,0 т.п.н., т.е. места расщепления BamHI расположены по обе стороны от Bam H I на расстоянии 3,0 и 2,5 т.п.н. (Б). На полученную карту накладываем участки расщепления Sma, используя двойное расщепление EcoRI и Sma. Из двух фрагментов Sma расщепляться EcoRI будет больший на две части размером 0,5 и 8,0 т.п.н. Одна точка расщепления Sma будет расположена на расстоянии 0,5 т.п.н. от точки расщепления EcoRI справа (В) или слева (Г) от неё, а вторая – через 2,5 т.п.н. от первой в том же направлении. В случае (В) точки расщепления Sma и BamHI совпадут.

Проверяем правильность карты по расщеплению Sma+ BamHI. В первом случае (В) образуются фрагменты 2,5, 3,0 и 5,5 т.п.н., что не соответствует экспериментальным данным. Вариант (Г) даёт фрагменты 0,5, 2,0, 3,5 и 5,0, что соответствует экспериментальным данным. Таким образом, правильный вариант – карта (Г). (Возможно её симметричное изображение, которое также является верным).



Всего 18 баллов (правильно А – 4 балла, Б -4, конечная карта – 10)

**Задание 5.** С целью мониторинга численности популяции пеструшек отловили 50 особей, поместили их меткой и отпустили. Затем были произведены случайные отловы животных с интервалом в 30 дней. Данные по отловам представлены в таблице. Смертность среди меченых и немеченых особей считать одинаковой.

дата	Количество отловленных животных	Из них с меткой
1	60	15
2	58	16
3	54	18

Каким образом изменяется численность данной популяции. Вывод подтвердите расчетами.

**Ответ:** В результате отлова и мечения в популяции оказалось 50 меченных животных, при последующих отловах, доля меченных животных должна соответствовать их доле во всей популяции, т.о.  $50:N=25:90$ . Следовательно  $N_1=50 \times 60 : 15 = 200$ ;  $N_2 = 50 \times 58 : 16 \sim 181$ ;  $N_3 = 80 \times 54 : 18 = 150$

Численность популяции уменьшается.

**12 баллов (за арифметические ошибки снижать на 1 балл, не более)**

**Задание 6.** Доминантный «красный фактор»  $R^+$  был получен домашними канарейками (*Serinus canaria domestica*) в процессе гибридизации с венесуэльским чижом (*Spinus cucullatus*). При этом ген красной окраски оказался сцепленным с полом. Красными могут быть как самки, так и самцы канареек. Ген желтой окраски является аутосомным, и представлен двумя аллелями: доминантным  $I$  (собственно жёлтая окраска перьев) и  $i$  (белая окраска). В тропическую оранжерею заселили стаю канареек, которая там успешно натурализовалась и радовала посетителей. В этой искусственной популяции обитало в среднем около 1000 птиц и в дальнейшем установилось следующее равновесное состояние аллелей: частота встречаемости «красного фактора»  $R^+$  – 0,2; частота аллеля  $I$  – 0,6. Считайте возникшую популяцию панмиктической.

**А.** Оцените число оранжевых самцов и число оранжевых самок.

**Б.** Оцените число красных самцов и число красных самок.

**В.** Оцените число белых самцов и белых самок.

**Решение.**

**Решение.**

**А.** Оранжевая окраска возникает как «наложение» красного и жёлтого цвета. Таким образом, нужно оценить число особей, несущих как «красный фактор»  $R^+$ , так и хотя бы один аллель  $I$ . Поскольку признак жёлтой окраски аутосомный, легче всего рассчитать долю особей с аллелями, определяющими жёлтую пигментацию. Это должны быть особи с генотипами  $Ii$  или  $ii$ .

Согласно закону Харди-Вайнберга, доля гомозигот равна квадрату частоты встречаемости соответствующего аллеля. Т.е. доля особей с генотипом  $Ii$  будет равна  $(0,6)^2 = 0,36$  (или 36%).

Доля гетерозигот  $Ii$  составляет  $2pq$ , где  $p$  – частота встречаемости одного аллеля ( $I$ ), а  $q$  – второго ( $i$  соответственно).

Поскольку в популяции представлены только два аллеля,  $q = 1 - p$ .

Следовательно, доля гетерозигот  $Ii$  составит:

$$2 \times 0,6 \times (1 - 0,6) = 2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,48 \text{ (или 48\%)}$$

Суммарная доля носителей жёлтой окраски =  $0,36 + 0,48 = 0,84$ . Оставшиеся 16% – это гомозиготы *ii*.

Теперь рассмотрим наследование «красного фактора». В условии сказано, что он связан с половыми хромосомами, и известно, что оба пола могут быть красными. Кроме того, у птиц ZW-система определения пола. При этом гомогаметный пол (**ZZ**) – мужской, а гетерогаметный (**ZW**) – женский. Отсюда следует, что «красный фактор» может быть связан только с хромосомой **Z**. Обозначим соответствующий генотип как **Z<sup>R+</sup>**. Хромосому без «красного фактора» обозначим как просто **Z**.

Для оценки доли самцов, несущих «красный фактор», можно использовать тот же приём, что и при определении особей с аллелем *I*. Согласно закону Харди-Вайнберга, доля самцов с «красным фактором» составит:  $2r(1-r) + r^2$ , где *r* – частота встречаемости «красного фактора».

Таким образом, среди самцов доля носителей «красного фактора» с генотипами **Z<sup>R+</sup>Z** и **Z<sup>R+</sup>Z<sup>R+</sup>** составит:

$$2r(1-r) + r^2 = 2 \times 0,2 \times (1 - 0,2) + 0,2^2 = 2 \times 0,2 \times 0,8 + 0,04 = 0,32 + 0,04 = 0,36 \text{ (или 36\%)}$$

Поскольку самцы – это ½ от всей популяции, то от всех птиц, обитающих в оранжерее, это составит  $0,36 / 2 = 0,18$  (18%). Среди них 0,84 (84%) будут одновременно нести ген *I*, т.е. будут оранжевыми. Таким образом, доля оранжевых самцов составит:

$$0,84 \times 0,18 = 0,1512$$

Умножив на численность популяции, получим:

$$0,1512 \times 1000 = 151,2 \approx 151 \text{ оранжевых самцов.}$$

Доля самок-носительниц «красного фактора» **Z<sup>R+</sup>W** (среди всех самок!) равна частоте встречаемости соответствующего аллеля, т.е. 0,2 (или 20%). От всех птиц это составит 0,1 (или 10%).

Поскольку гены жёлтой и красной окраски наследуются независимо, для определения доли особей с оранжевой окраской нужно просто перемножить соответствующие доли для самок в популяции:

$$0,84 \times 0,1 = 0,08 \text{ (или 8\%)}. \text{ Умножив на численность популяции, получим:}$$

$$0,08 \times 1000 = 80 \text{ оранжевых самок.}$$

**Ответ: примерно 151 оранжевых самца и 80 оранжевых самок.**

**10 баллов**

Б. Чистая красная окраска будет у тех особей, которые получили «красный фактор», но при этом были гомозиготами *ii*. Поэтому расчеты можно провести, опираясь на часть А.

Красные самцы (генотипы  $Z^{R+}Z^{R+}ii$  и  $Z^{R+}Zii$ ):

$$0,16 \times 0,18 = 0,0288$$

Умножив на численность популяции, получим:

$$0,0288 \times 1000 = 28,8 \approx 29 \text{ красных самцов.}$$

Красные самки (генотип  $Z^{R+}Wii$ ):

$0,16 \times 0,1 = 0,016$  (или 1,6%). Умножив на численность популяции, получим:

$$0,016 \times 1000 = 16 \text{ красных самок.}$$

**Ответ: примерно 29 красных самцов и 16 красных самок.**

**9 баллов**

В. Белый цвет соответствует генотипам самцов  $ZZii$  и самок  $ZWii$ .

Соответствующие доли для самцов составят:

$$(1 - r)^2 \times q^2 = (1 - 0,2)^2 \times 0,4^2 = 0,64 \times 0,16 = 0,1024$$

Самцы составляют половину популяции, поэтому общее число белых самцов будет:

$$\frac{1}{2} \times 0,1024 \times 1000 = 51,2 \approx 51 \text{ белый самец.}$$

Для самок нужно перемножить частоту встречаемости хромосомы  $Z$  на квадрат частоты встречаемости аллеля  $i$ .

$$(1 - r) \times q^2 = (1 - 0,2) \times 0,4^2 = 0,8 \times 0,16 = 0,128$$

Самки составляют половину популяции, поэтому общее число белых самок будет:

$$\frac{1}{2} \times 0,128 \times 1000 = 64 \text{ белых самки.}$$

**Ответ: примерно 51 белый самец и 64 белых самки.**

**9 баллов**

Для проверки рассчитаем число жёлтых канареек в искусственной популяции.

Для самцов это генотипы  $ZZII$  или  $ZZIi$ , а для самок –  $ZWII$  или  $ZWIi$ .

Доля генотипа **ZZ II**

$\frac{1}{2} \times 0,8^2 \times 0,6^2 = \frac{1}{2} \times 0,64 \times 0,36 = 0,1152$ , что соответствует 115 гомозиготных жёлтых самцов.

Доля генотипа **ZZ Ii**

$\frac{1}{2} \times 0,8^2 \times 2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,64 \times 0,24 = 0,1536$ , что соответствует 154 гетерозиготных жёлтых самцов.

Доля генотипа **ZW II**

$\frac{1}{2} \times 0,8 \times 0,6^2 = \frac{1}{2} \times 0,8 \times 0,36 = 0,144$ , что соответствует 144 гомозиготных жёлтых самки.

Доля генотипа **ZW Ii**

$\frac{1}{2} \times 0,8 \times 2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,8 \times 0,24 = 0,192$ , что соответствует 192 гетерозиготных жёлтых самки.

Суммарная численность популяции равна сумме числа красных, оранжевых, жёлтых и белых канареек:

$[красные]29 + 16 + [оранжевые]151 + 80 + [жёлтые]115 + 154 + 144 + 192 + [белые]51 + 64 = 996$ , что очень близко к 1000 особей в условии задачи. Отклонение в 4 особи возникло из-за округления. Таким образом, численность популяции «сошлась», значит, мы верно выполнили все расчеты.

За проверку 2 балла

**Всего 30 баллов**