

БЛОК 1. Вариант 1

Задача 1. 10 баллов С помощью буквенного шифра дайте описание злака, представленного на рисунке.



По характеру роста побегов:

А – длиннокорневищный;

Б – плотнодерновинный.

Листорасположение: В – мутовчатое;

Г – супротивное; Д – очередное.

Листовые пластинки: Е – направлены строго вверх;

Ж – отклонены горизонтально; З – хотя бы некоторые листья поникающие.

Влагалище листа: И – замкнутое;

К – незамкнутое.

Язычок: Л – отсутствует; М – длиной примерно равен ширине листа или короче; Н – длиной вдвое больше ширины листа.

Ушки: О – короче язычка; П – длиннее язычка.

Общее соцветие: Р – кисть; С – султан; Т – рыхлая метелка; У – плотная метелка.

Колосок: Ф – одноцветковый;

Х – многоцветковый.

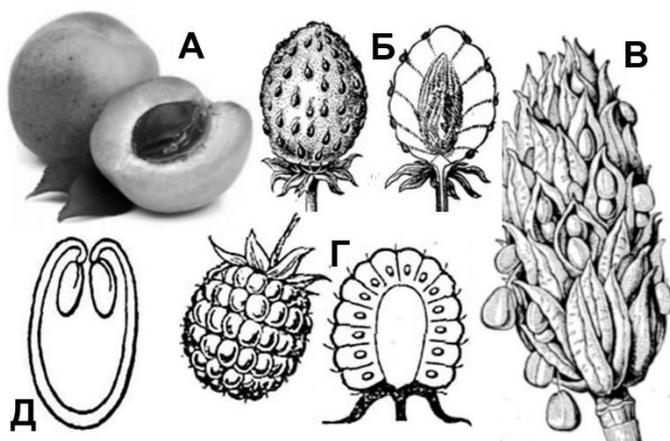
Колосковые чешуи: Ц – с остью; Ч – без остей.

Особые признаки: Ш – влагалище листа

сплюснутое; Щ – колосковые чешуи опушены; Ъ – стебель имеет длинное войлочное опушение, Ы – каждый колосок имеет длинную перисто-рассеченную ость.

Ответ: Б, Д, З, К, М, О, С, Ф, Ц, Щ по 1 баллу за каждый правильный ответ

Задача 2. 8 баллов Используя иллюстрацию разнообразия плодов, образованных апокарпным гинецеем, наметьте возможный путь эволюции апокарпиев, записав буквы А, Б, В, Г начиная с самого раннего к более поздним типам:



А – сочная однокостянка абрикоса;

Б – многоорешек земляники (фрага);

В – спиральная многолисточка магнолии;

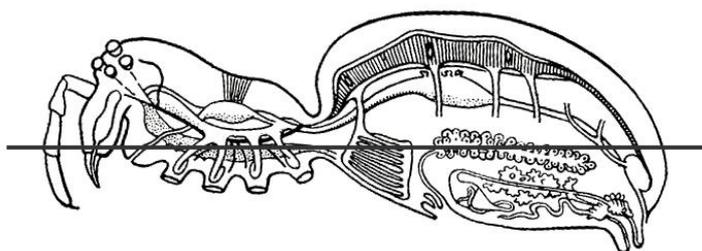
Г – многокостянка малины;

Д – карпелла апокарпного гинецея

Ответ: В-Б-Г-А 8 баллов за весь правильный ряд,

если последовательность неверно записана – 0, можно дать 2 балла, если первая буква В. Минус 2 балла, если пишут 5 букв

Задача 3. **12 баллов** Сколько раз прямая линия на схеме строения животного пересекает:



А) органы пищеварительной системы
 Б) органы дыхательной системы
 В) органы выделительной системы
 Впишите в таблицу соответствующие числа.

А	Б	В

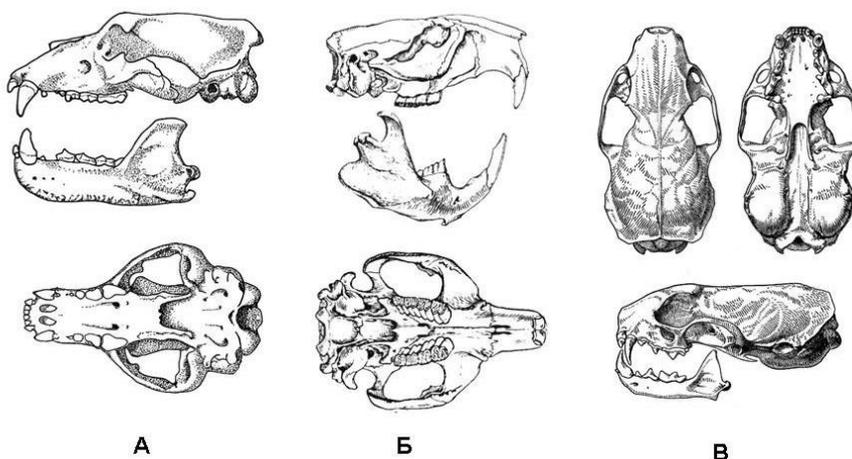
Пояснение: учитывайте только те органы, которые видны на рисунке; если какие-либо органы в действительности парные, но на рисунке виден один орган из пары, то учитывайте только один

ОТВЕТ:

А	Б	В
6	1	1

По 4 балла за каждый правильный ответ

Задача 4. **12 баллов** На рисунках представлены черепа млекопитающих (буквы А-В), изображённые с нескольких сторон. Определите, к каким отрядам (цифры 1-9) они принадлежат? Какой преимущественный тип питания (буквы: П – плотоядный, Р – растительноядный, С – смешанноядный) у этих животных? Ответ занесите в таблицу.



Отряды:

1 – Грызуны

2 – Зайцеобразные

3 – Хищные

4 – Насекомоядные

5 – Парнокопытные

6 – Непарнокопытные

7 – Рукокрылые

8 – Китообразные

9 – Приматы

Ответ:

Череп	А	Б	В
Отряд (цифра)	3	1	3
Тип питания (буква: П, Р, С)	С	Р	П

По 2 балла за каждый правильный ответ

БЛОК 2. Вариант 5

Задача 5. 14 баллов Рассчитайте, чему равна средняя линейная скорость движения крови в сосуде диаметром 30 мкм, если за 1 секунду через него проходит 0,003 мкл крови?

- 1) Ответ приведите в мм/с, округлив полученное значение до целого числа.
- 2) В каком из сосудов кровь движется с рассчитанной Вами скоростью? Ответ запишите в виде буквенного обозначения:

А – нижняя полая вена; Б – аорта; В – артериола; Г – капилляр.

РЕШЕНИЕ:

Линейная скорость (V) отражает скорость продвижения частиц крови вдоль сосуда и равна объемной скорости (Q), деленной на площадь сечения кровеносного сосуда (S).

$$\text{Объемная скорость } Q = 0,003 \text{ мкл/с} = 0,003 \text{ мм}^3/\text{с} = 3 \times 10^{-3} \text{ мм}^3/\text{с}$$

$$\text{Диаметр сосуда } d = 30 \text{ мкм} = 3 \times 10^{-2} \text{ мм}$$

$$\text{Площадь сечения кровеносного сосуда } S = \pi \times r^2 = \pi \times (d/2)^2 = 3,14 \times (3 \times 10^{-2} / 2)^2 \text{ мм}^2 = (3,14 \times 9 \times 10^{-4} \text{ мм}^2) / 4$$

$$V = Q / S = (3 \times 10^{-3} \text{ мм}^3/\text{с} \times 4) / (3,14 \times 9 \times 10^{-4} \text{ мм}^2) = 4 \text{ мм}^3/\text{с} / (3,14 \times 0,3 \text{ мм}^2) = 4,246 \text{ мм/с} \approx 4 \text{ мм/с}$$

Согласно проведенным расчетам, средняя линейная скорость движения крови в сосуде диаметром 30 мкм равна 4 мм/с. С такой скоростью кровь движется в артериолах.

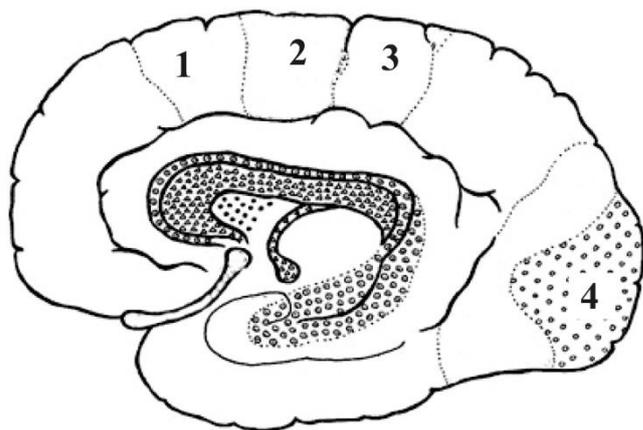
Ответ:

1) 4 мм/с 8 баллов

2) В 6 баллов

Ошибка в арифметических расчетах минус 1 балл

Задача 6. 12 баллов Как называются структуры коры больших полушарий, обозначенные на рисунке цифрами 1-4. Выберите из предложенного списка.



- а - первичная моторная кора;
- б – премоторная кора;
- в – соматосенсорная кора (кожная чувствительность);
- г – слуховая кора;
- д – вестибулярная кора;
- е – первичная зрительная кора;
- ж – древняя кора (в том числе обонятельная луковица);
- з – ассоциативная теменная кора; и -

ассоциативная лобная кора; к – базальные ганглии, л - мозолистое тело; м – вкусовая кора

ОТВЕТ: 1 - б – премоторная кора; 2 - а - первичная моторная кора;

3 - в – соматосенсорная кора (кожная чувствительность);

4 - е – первичная зрительная кора;

По 3 балла за каждый правильный ответ

Задача 7. 6 баллов Известный ботаник Л решил удивить коллег на званом обеде необычным угощением - загадкой. Гостям подали блюдо из морской капусты (*Laminaria*) и

грибов шампиньонов. И предложил гостям отгадать ингредиенты, дав им таблицу с подсказками. Выберете в таблице подсказку, наиболее подходящую к данному блюду.

А	Отварные спорофиты в соусе из гаплоидного септированного мицелия	Б	Отварные гаметофиты в соусе из гаплоидного септированного мицелия
В	Отварные карпоспорофиты в соусе из гаплоидного несептированного мицелия	Г	Отварные тетраспорфиты с в соусе из диплоидного мицелия
Д	Отварные спорофиты в соусе из дикариотичного мицелия	Е	Отварные гаметофиты в соусе из дикариотичного мицелия

Ответ: Д

Задача 8. 16 баллов У некоторого вида пчёл синтез пигмента тела происходит из бесцветного предшественника через жёлтый промежуточный продукт. Далее в некоторых частях тела жёлтый предшественник превращается в тёмно-коричневый пигмент, и пчел приобретает полосатую окраску. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



На первый год полосатая царица-пчела встретила трутня с белым телом (Р). При этом половина рабочих пчёл оказались с белым телом, а другая половина – с полосатым. На второй год из этого улья вылетела молодая полосатая царица (F1). Она встретила другого трутня с белым телом, но в потомстве (F2) от него оказались не только белые и полосатые, но и 34% жёлтых рабочих пчёл.

А) Предложите все возможные генотипы родителей в обоих скрещиваниях. Мутантные аллели обозначьте как *w* и *y*.

Б) Рассчитайте долю рабочих пчёл с белым и полосатым телом среди потомков F2.

В) Определите расстояние в морганидах между генами *W* и *Y*.

Решение:

У пчёл царица и рабочие пчелы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У белого трутня гена *W* представлен нефункциональным аллелем – *w*.

Аллель гена *Y* при этом может быть любым. Его генотип может быть либо *w y*, либо *W Y*.

Для царицы с полосатым телом обязательно, чтобы оба гена были представлены хотя бы одним функциональным аллелем. Её генотип может быть:

- 1) $Ww Yy$
- 2) $WW Yy$
- 3) $Ww YY$
- 4) $WW YY$

После скрещивания среди рабочих наблюдалось расщепление по фенотипу: половина белых (гомозиготы по мутантному аллелю *w*) и половина полосатых (генотип мог бы быть как у родительской пчелы).

Эти сведения позволяют уточнить генотип родительской пчелы: она была гетерозиготна по гену *W*. Желтые рабочие при скрещивании отсутствуют, значит, хотя бы от одного из родителей они получили функциональный аллель *Y*.

Это возможно при следующих генотипах родителей:

- 1) Царица $Ww Yy$, трутень $w Y$.

2) Царица $Ww Yy$, трутень $w Y$.

3) Царица $Ww YY$, трутень $w y$

Из этого улья происходит царица F1, в потомстве которой наблюдается появление как белых, так и желтых рабочих пчёл. Это означает, что она сама несет мутантные аллели w и y . Судя по фенотипу, царица F1 может иметь только генотип $Ww Yy$. Это позволяет дополнительно уточнить возможные генотипы родителей (P), исключив вариант «Царица $Ww YY$, трутень $w Y$ ».

Поскольку среди потомков от белого трутня F1 наблюдаются не только белые, но и желтые рабочие пчелы, то, помимо мутантного аллеля w , он несет мутантный аллель y .

Ответ А.

Вариант 1. Полосатая царица (P) – $Ww Yy$.

Белый трутень (P) – $w Y$.

Полосатая царица (F1) – $Ww Yy$.

Белый трутень (F1) – $w y$.

Вариант 2. Полосатая царица (P) – $Ww YY$.

Белый трутень (P) – $w y$.

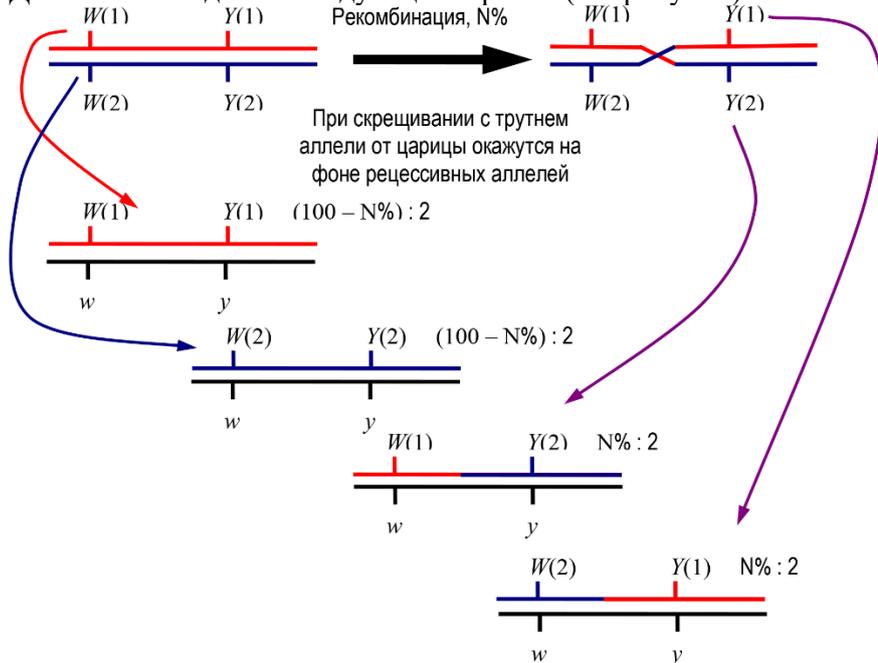
Полосатая царица (F1) – $Ww Yy$.

Белый трутень (F1) – $w y$.

8 баллов : по 1 за правильный генотип

Так как наблюдается заметное отклонение от соотношения $2 : 1 : 1$ среди потомков от первого скрещивания, мы можем предположить, что гены наследуются сцеплено. Возьмём пару генов, представленных двумя аллелями. Допустим, что нам неизвестно распределение мутантных аллелей и расстояние между генами на хромосоме.

Должна наблюдаться следующая картина (см. рисунок)



Принимая, что $(100\% - N\%) : 2 = 34\%$, найдём, что $N = 32\%$. Таким образом, расстояние от гена W до гена Y равно 32 морганидам

Ответ В:

Расстояние между генами W и Y – 32 морганиды. **4 балла**

Для решения части Б потребуется узнать, какие аллели находились на одной хромосоме. Поскольку желтых рабочих особей было 34%, они не являются рекомбинантными (см. рисунок). Таким образом, $W(1)$ – ‘это доминантный аллель W , тогда как $Y(1)$ – ‘это рецессивный аллель y .

Подставляя в схему соответствующие аллели и расстояние между генами, получим следующее расщепление по генотипам:

$Ww yy$ – 34% (желтое тело);

$ww Yy$ – 34% (белое тело);

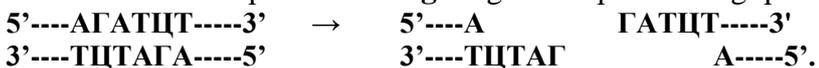
Ww Yy– 16% (полосатое тело);
ww yy – 16% (белое тело).

Ответ Б:

Суммируя по фенотипам, получим **50% с белым телом; 34% с желтым телом; 16% полосатых рабочих особей.**

4 балла

Задача 9. 10 баллов У бактерий для защиты от вирусов есть специальные ферменты – рестриктазы, расщепляющие ДНК по симметричным последовательностям. Они называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, например, Bgl – рестриктаза из гнилостной бактерии *Bacillus globigii*. Рестриктаза Bgl расщепляет последовательность:



На концах полученных фрагментов ДНК всегда будут одинаковые и комплементарные друг другу одноцепочечные участки ДНК, называемыми «липкими концами», т.к. они могут соединяться между собой за счёт образования комплементарных пар оснований. Если такой комплекс обработать ферментом ДНК-лигазой, произойдёт ковалентное соединение фрагментов, соединённых «липкими концами». При таком сшивании соединение концов одного фрагмента при его длине более 900 нуклеотидных пар происходит в 10 раз чаще, чем соединение концов двух разных фрагментов. Соединение фрагментов происходит случайным образом.

Плазмида pCO36 несёт гены устойчивости к канамицину и пенициллину и состоит из 3420 пар нуклеотидов. Рестриктаза Bgl расщепляет эту плазмиду только по гену устойчивости к пенициллину в начале этого гена. В районе расщепления ДНК имеет последовательность нуклеотидов:



Плазмиду обработали рестриктазой Bgl. Полученную смесь фрагментов ДНК обработали ДНК-лигазой. Полученные ДНК смешали с клетками бактерий без плазмид и чувствительных к антибиотикам. В часть клеток проникла ДНК плазмиды и изменила их свойства. Полученные клетки высеяли на твёрдую питательную среду без антибиотиков. Было получено **21356** колоний. Клетки из каждой колонии пересеяли на среду, содержащую канамицин, на которой рост дали **282** колонии. Клетки из этих колоний, пересеяли на среду с пенициллином. На этой среде выросло **32** колоний. Из них выделили плазмидную ДНК, она была представлена двумя разными по длине формами, причём в каждой колонии был только один вид плазмиды.

1. Какова эффективность трансформации клеток плазмидой (в % трансформированных клеток)?
2. Как можно объяснить разную длину плазмид в устойчивых к пенициллину колониях?
3. Сколько размерных классов плазмид можно найти в колониях, устойчивых к канамицину?

Решение

Сначала найдём место расщепления плазмиды рестриктазой Bgl.

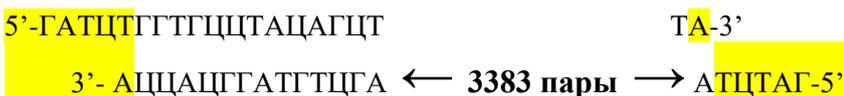


Таких участков оказывается два. В результате расщепления из плазмиды вырезается короткий фрагмент:



37 пар нуклеотидов

Остаётся укороченная линейная ДНК, содержащая интактный ген устойчивости к канамицину и расщеплённый ген устойчивости к пенициллину.



Нашли сайт рестрикции, выделили фрагмент – 2 балла

При сшивании липких концов ДНК-лигазой наиболее часто будут соединяться концы этой молекулы и образовываться кольцо длиной 3383 пары нуклеотидов. Такая ДНК будет сообщать клеткам устойчивость к канамицину и не даст устойчивости к пенициллину. Второй фрагмент из-за небольшой длины не может замкнуться в кольцо.

Второй вариант лигирования приводит к сшиванию липких концов двух фрагментов. Он происходит примерно в 10 раз реже, а после сшивки вторая пара липких концов скорее всего также, как и исходный фрагмент замкнётся в кольцо. Таких колец из пары фрагментов может образоваться 4 вида: димеры большого фрагмента в двух разных ориентациях (правый конец с левым концом второго фрагмента и левый конец с правым концом второго фрагмента или правый с правым и левый с левым) и соединения большого и малого фрагмента в двух разных ориентациях (вариант исходной плазмиды и инверсия малого фрагмента). Из них только в варианте исходной плазмиды восстанавливается устойчивость к пенициллину.

Линейная молекула, образованная сшиванием двух фрагментов, может присоединить ещё один фрагмент с ещё в 10 раз меньшей частотой. Такие фрагменты в дальнейшем будут циклизоваться в плазмиды трёх размеров: из трёх больших фрагментов, из двух больших и одного малого и одного большого и двух малых. Три малых фрагмента дадут короткую последовательность, которая не сможет замкнуться в кольцо и существовать в клетке. В каждом размерном классе будет несколько вариантов с разной ориентацией фрагментов. Только в одном из них восстановится ген устойчивости к пенициллину: правый конец большого фрагмента соединяется с левым концом малого фрагмента, а правый конец малого фрагмента – с левым концом второго большого фрагмента, а оставшиеся концы двух больших фрагментов соединяются с образованием кольцевой плазмиды длиной 6803 пары нуклеотидов. Доля таких молекул будет менее 1% всех плазмид. Вероятность образования плазмид из 4 и более фрагментов ещё на порядок ниже и их обнаружение при данном числе полученных трансформированных клеток нереально.

1. Так как расщепление рестриктазой не затрагивает ген устойчивости к канамицину, все клетки, в результате трансформации получившие любую плазмиду, будут устойчивы к канамицину и вырастут на среде с этим антибиотиком. Таким образом из **21356** выросших колоний плазмиду получили **282**, выросших на канамицине. Эффективность трансформации представляет долю трансформированных клеток от общего их числа, т.е. $282:21356 \cdot 100\% = 1,32\%$.

4 балла

2. На канамицине могут вырасти только те клетки, в которые попали плазмиды, в которых в результате лигирования восстановится последовательность нуклеотидов в гене устойчивости к канамицину, расщеплённая рестриктазой. Остальные плазмиды, полученные по приведённой методике, будут содержать либо ген с выщепленным коротким фрагментом, что приведёт к сдвигу рамки считывания (т.к. число удалённых нуклеотидов не кратно трём), либо, при инверсии короткого фрагмента, к появлению стоп-кодонов т.е. прекращению синтеза белка. Таким образом большинство полученных плазмид не обеспечат устойчивости к канамицину.

Рост на канамицине могут обеспечить только плазмиды, несущие восстановленную последовательность гена устойчивости. Такие плазмиды могли образоваться из одного большого и одного малого фрагмента (3420 пар, исходная плазида) или из двух больших и одного малого (6803 пары, начало и конец гена из разных копий большого фрагмента).

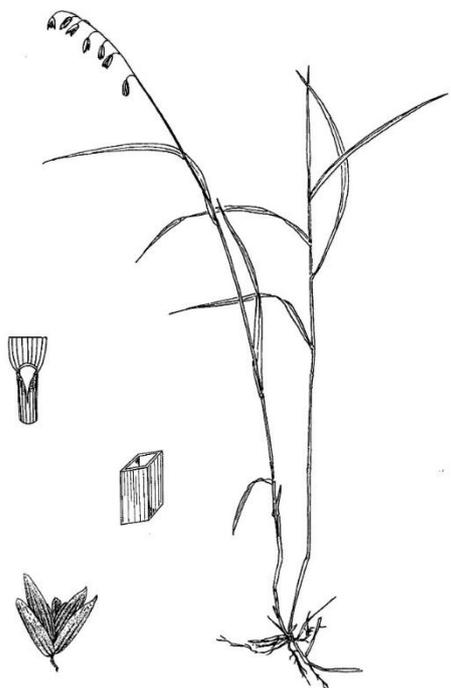
2 балла

3. Получается 1 размер из одного большого фрагмента, два размерных класса из двух фрагментов (2 больших и большой и малый) и три размерных класса из трёх фрагментов (три больших, два больших и один малый, один большой и два малых), то есть **6 размерных классов**. (В реальности различить по длине плазмиды, отличающиеся на длину малого фрагмента, т.е. менее чем на 1%, невозможно. Поэтому в эксперименте, например на электрофореграмме, будут видны лишь три размерных класса, соответствующие 1, 2 или 3 копиям большого фрагмента.

Школьники скорее всего этого не знают, но могут догадаться.) **2 балла**

БЛОК 1. Вариант 3

Задача 1. 10 баллов



С помощью буквенного шифра дайте описание злака, представленного на рисунке.

По характеру роста побегов:

А – длиннокорневищный;

Б – рыхлодерновинный.

Листорасположение: В – мутовчатое;

Г – супротивное; Д – очередное.

Листовые пластинки: Е – направлены вверх; Ж – отклонены горизонтально;

З – поникающие.

Влагалище листа: И – замкнутое;

К – незамкнутое.

Язычок: Л – отсутствует или очень короткий; М – длиной равен ширине листа; Н – длиной заметно более ширины листа.

Ушки: О – короче язычка; П – длиннее язычка.

Общее соцветие: Р – кисть; С – султан;

Т – рыхлая метелка; У – густая метелка.

Колосок: Ф – одноцветковый;

Х – многоцветковый.

Колосковые чешуи: Ц – с остями; Ч – без остей.

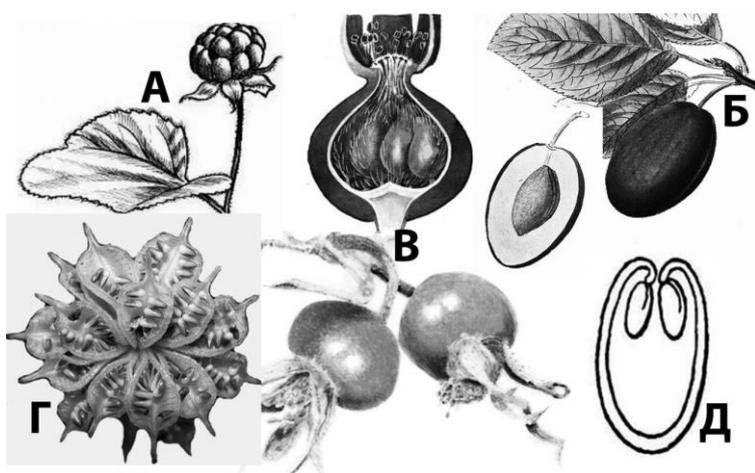
Особые признаки: Ш – колосок с пучком мелких волосков внутри; Щ – влагалище листа четырехгранное в сечении; Ъ – стебель имеет длинное войлочное опушение, Ы – каждый колосок имеет длинную перисто-рассеченную ость.

по 1 баллу за каждый правильный ответ

Ответ: Б, Д, Ж, И, Л, О, Р, Х, Ч, Щ

Задача 2. 8 баллов

Используя иллюстрацию разнообразия плодов, образованных апокарпным гинецеем, наметьте возможный путь эволюции апокарпиев, записав буквы А, Б, В, Г, начиная с самого раннего к более поздним типам:



А – многокостянка морозники;

Б – сочная однокостянка сливы;

В – цинародий шиповника:

волосистый сочный вогнутый

гипантий и заключённые в нём

твёрдые плодики - орешки;

Г – спиральная многолистовка

калужницы; Д – карпелла

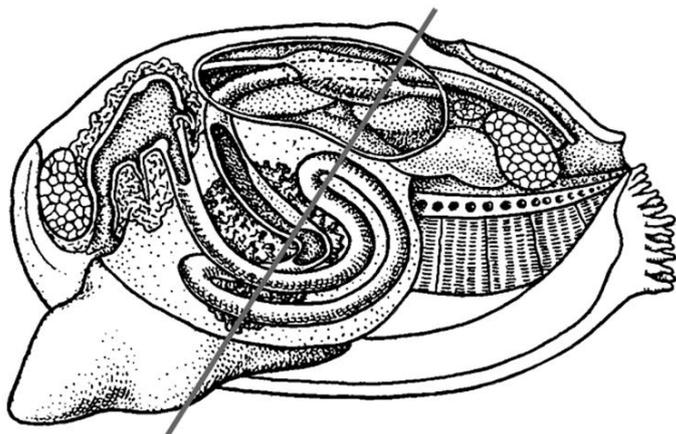
апокарпного гинецея

Ответ: Г-В-А-Б

8 баллов за весь правильный ряд,

если последовательность неверно записана – 0, можно дать 2 балла, если первая буква Г. Минус 2 балла, если пишут 5 букв

Задача 3. 12 баллов Сколько раз прямая линия на схеме строения животного пересекает:



- А) органы пищеварительной системы
- Б) вторичную полость тела
- В) органы кровеносной системы

Впишите в таблицу соответствующие числа.

А	Б	В

Пояснение: при подсчёте учитывать каждый раз, когда линия пересекает органы. Например, здесь линия пересекает тёмно-серый контур звёздочки три раза, а центральную часть (выделенную светло-серым) два раза.

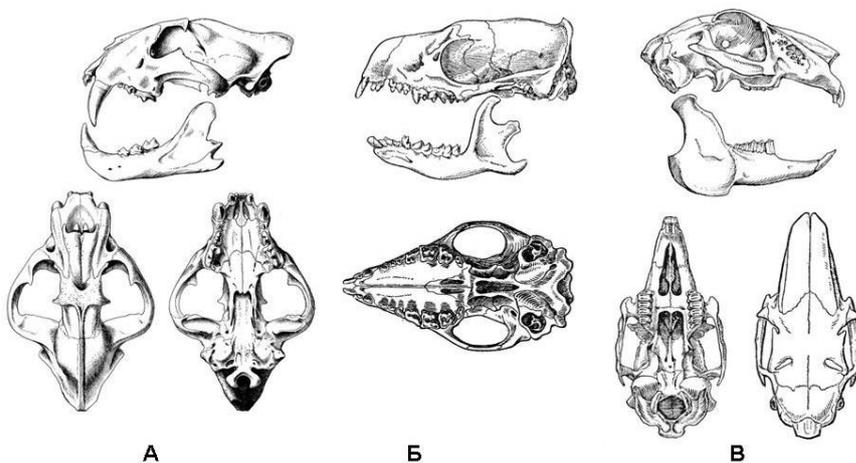


ОТВЕТ:

А	Б	В
7	2	2

По 4 балла за каждый правильный ответ

Задача 4. 12 баллов На рисунках представлены черепа млекопитающих (буквы А-В), изображённые с нескольких сторон. Определите, к каким отрядам (цифры 1-9) они принадлежат? Какой преимущественный тип питания (буквы: П – плотоядный, Р – растительноядный, С – смешанноядный) у этих животных? Ответ занесите в таблицу.



- 1 – Грызуны
- 2 – Зайцеобразные
- 3 – Хищные

- 4 – Насекомоядные
- 5 – Парнокопытные
- 6 – Непарнокопытные

- 7 – Рукокрылые
- 8 – Китообразные
- 9 – Приматы

Ответ

Череп	А	Б	В
Отряд (цифра)	3	4	2
Тип питания (буква: П, Р, С)	П	П	Р

По 2 балла за каждый правильный ответ

БЛОК 2. Вариант 4

Задача 5. 14 баллов Рассчитайте, чему равна средняя линейная скорость движения крови в сосуде диаметром 50 мкм, если за 1 секунду через него проходит 0,01 мкл крови?

- 1) Ответ приведите в см/с, округлив полученное значение до одного знака после запятой.
- 2) В каком из сосудов кровь движется с рассчитанной Вами скоростью? Ответ запишите в виде буквенного обозначения:

А – артериола; Б – аорта; В – нижняя полая вена; Г – капилляр.

РЕШЕНИЕ:

Линейная скорость (V) отражает скорость продвижения частиц крови вдоль сосуда и равна объемной скорости (Q), деленной на площадь сечения кровеносного сосуда (S).

$$\text{Объемная скорость } Q = 0,01 \text{ мкл/с} = 0,01 \text{ мм}^3/\text{с} = 10^{-2} \text{ мм}^3/\text{с} = 10^{-5} \text{ см}^3/\text{с}$$

$$\text{Диаметр сосуда } d = 50 \text{ мкм} = 5 \times 10^{-2} \text{ мм} = 5 \times 10^{-3} \text{ см}$$

$$\text{Площадь сечения кровеносного сосуда } S = \pi \times r^2 = \pi \times (d/2)^2 = 3,14 \times (5 \times 10^{-3} / 2)^2 \text{ см}^2 = (3,14 \times 25 \times 10^{-6} \text{ см}^2) / 4$$

$$V = Q / S = (10^{-5} \text{ см}^3/\text{с} \times 4) / (3,14 \times 25 \times 10^{-6} \text{ см}^2) = 4 \text{ см}^3/\text{с} / (3,14 \times 2,5 \text{ см}^2) = 0,5096 \text{ см/с} \approx 0,5 \text{ см/с}$$

Согласно проведенным расчетам, средняя линейная скорость движения крови в сосуде диаметром 50 мкм равна 0,5 см/с. С такой скоростью кровь движется в артериолах.

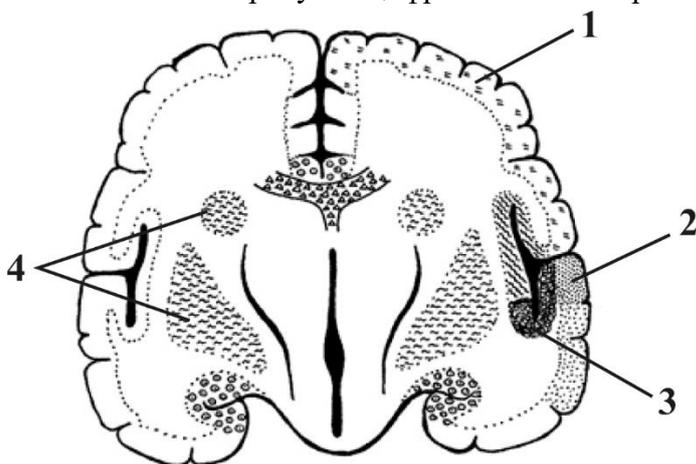
Ответ:

1) 0,5 см/с **8 баллов**

2) А **6 баллов**

Ошибка в арифметических расчетах минус 1 балл

Задача 6. 12 баллов Как называются структуры коры больших полушарий, обозначенные на рисунке цифрами 1-4. Выберите из предложенного списка.



- а - первичная моторная кора;
- б – премоторная кора;
- в – соматосенсорная кора (кожная чувствительность);
- г – слуховая кора;
- д – вестибулярная кора;
- е – зрительная кора;
- ж – древняя кора (в том числе обонятельная луковица);
- з – ассоциативная теменная кора;
- и - ассоциативная лобная кора; к – базальные ганглии, л - мозолистое тело; м – вкусовая кора

ОТВЕТ: По 3 балла за каждый правильный ответ

1 - в – соматосенсорная кора (кожная чувствительность);

2 - г – слуховая кора; 3 - д – вестибулярная кора; 4 - к – базальные ганглии

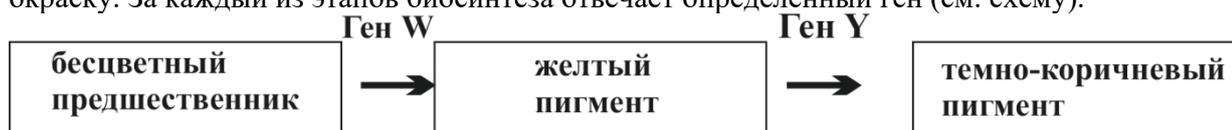
Задача 7. 6 баллов Известный ботаник L решил удивить коллег на званом обеде необычным угощением - загадкой. Гостям подали блюдо из нори (*Porphyra*) и подберезовиков. И предложил гостям отгадать ингредиенты, дав им таблицу с подсказками. Выберите в таблице подсказку, наиболее подходящую к данному блюду.

А	Отварные спорофиты в соусе из гаплоидного септированного мицелия	Б	Отварные гаметофиты в соусе из гаплоидного септированного мицелия
В	Отварные карпоспорофиты в соусе из гаплоидного несептированного мицелия	Г	Отварные тетраспорифиты с в соусе из диплоидного мицелия
Д	Отварные спорофиты в соусе из дикариотичного мицелия	Е	Отварные гаметофиты в соусе из дикариотичного мицелия

Ответ: Е

Блок 3 вариант 3

Задача 8. У некоторого вида пчёл синтез пигмента тела происходит из бесцветного предшественника через жёлтый промежуточный продукт. Далее в некоторых частях тела жёлтый предшественник превращается в тёмно-коричневый пигмент, и пчела приобретает полосатую окраску. За каждый из этапов биосинтеза отвечает определённый ген (см. схему).



На первый год полосатая царица-пчела встретила трутня с белым телом (Р). При этом половина рабочих пчёл оказались с белым телом, а другая половина – с полосатым. На второй год из этого улья вылетела молодая полосатая царица (F1). Она встретила другого трутня с белым телом, но в потомстве (F2) от него оказались не только белые и полосатые, но и 48% жёлтых рабочих пчёл.

- А) Предложите все возможные генотипы родителей в обоих скрещиваниях. Мутантные аллели обозначьте как *w* и *y*.
- Б) Рассчитайте долю рабочих пчёл с белым и полосатым телом среди потомков F2.
- В) Определите расстояние в морганидах между генами *W* и *Y*.

У пчёл царица и рабочие пчёлы являются диплоидными организмами (два набора хромосом, каждый ген представлен двумя аллелями). Трутни гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яиц. У трутней один набор хромосом, и только по одному аллелю каждого гена. Поэтому любая мутация по генам из задачи проявится в фенотипе у трутней.

У белого трутня обязательно должен быть аллель *w*, а второй ген может быть представлен как функциональным (*Y*), так и мутантным (*y*) аллелем.

Таким образом, можно предложить 2 варианта генотипов для белого трутня:

- 1) *w Y*
- 2) *w y*

Полосатая царица-пчела несёт хотя бы по одному функциональному аллелю каждого из генов. Таким образом, её генотип *W- Y-*.

Поскольку в скрещивании с белым трутнем половина рабочих оказалась белыми, это означает, что царица гетерозиготна по гену *W*: *Ww Y-*.

Еще часть рабочих пчёл были полосатыми. Это возможно только в том случае, если хотя бы от одного из родителей получен аллель *Y*.

- 1) Полосатая царица (P) – $Ww Yy$; Белый трутень (P) – $w Y$.
- 2) Полосатая царица (P) – $Ww YY$; Белый трутень (P) – $w y$.
- 3) Полосатая царица (P) – $Ww YY$; Белый трутень (P) – $w Y$.

Поскольку сказано, что у царицы F1 в потомстве появились не только полосатые и белые, но и желтые рабочие пчелы, это означает, что она является носителем обоих мутантных аллелей: w и y (иначе хоть по какому-то из признаков не было бы расщепления). Трутень F1 должен также нести аллель y , иначе желтых пчёл в потомстве не получится.

таким образом, генотипы особей в F1:

Царица – $Ww Yy$; Белый трутень – $w y$.

Это позволяет уточнить генотипы родителей царицы F1. Хотя бы один из них должен нести аллель y .

Ответ А.

Вариант 1. Полосатая царица (P) – $Ww Yy$;

Белый трутень (P) – $w Y$.

Полосатая царица (F1) – $Ww Yy$.

Белый трутень (F1) – $w y$.

Вариант 2. Полосатая царица (P) – $Ww YY$;

Белый трутень (P) – $w y$.

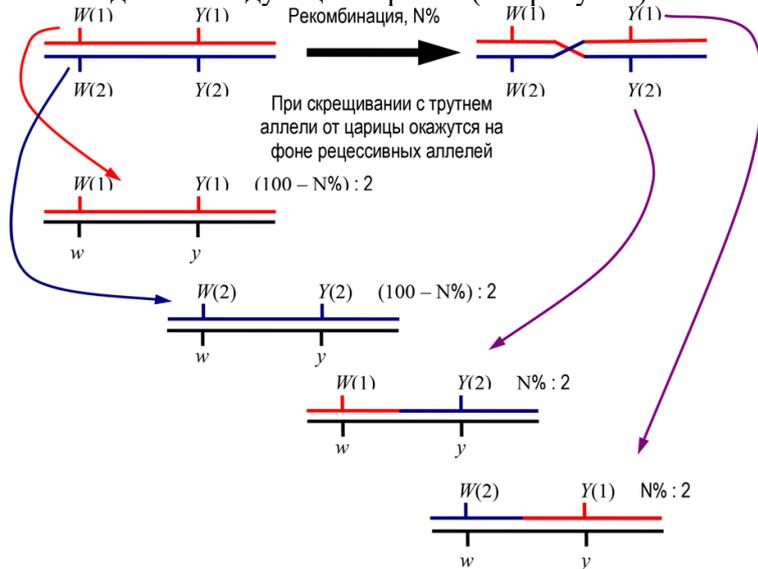
Полосатая царица (F1) – $Ww Yy$.

Белый трутень (F1) – $w y$.

8 баллов: по 1 баллу за каждый правильный ответ

Так как наблюдается заметное отклонение от соотношения $2 : 1 : 1$ среди потомков от первого скрещивания, мы можем предположить, что гены наследуются сцеплено. Возьмём пару генов, представленных двумя аллелями. Допустим, что нам неизвестно распределение мутантных аллелей и расстояние между генами на хромосоме.

Должна наблюдаться следующая картина (см. рисунок)



Принимая, что $(100\% - N\%) : 2 = 48\%$, найдём, что $N = 4\%$. Таким образом, расстояние от гена W до гена Y равно 4 морганидам.

Ответ В: Расстояние между генами W и Y – 4 морганиды. - 4 балла

Для решения части Б потребуется узнать, какие аллели находились на одной хромосоме. Поскольку желтых рабочих особей было 48%, они не являются рекомбинантными (см. рисунок). Таким образом, $W(1)$ – ‘это доминантный аллель W , тогда как $Y(1)$ – ‘это рецессивный аллель y .

Подставляя в схему соответствующие аллели и расстояние между генами, получим следующее расщепление по генотипам среди рабочих:

$Ww\ yy - 48\%$ (желтое тело);

$ww\ Yy - 48\%$ (белое тело);

$Ww\ Yy - 2\%$ (полосатое тело);

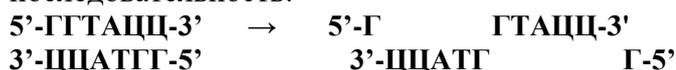
$ww\ yy - 2\%$ (белое тело).

Ответ Б:

Суммируя по фенотипам, получим **50% с белым телом; 48% с желтым телом; 2% полосатых рабочих особей.**

4 балла

Задача 9. 10 баллов У бактерий для защиты от вирусов есть специальные ферменты – рестриктазы, расщепляющие ДНК по симметричным последовательностям. Они называются по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, например, Kpn – рестриктаза из *Klebsiella pneumoniae*, возбудителя одной из форм пневмонии. Рестриктаза Kpn расщепляет последовательность:



На концах полученных фрагментов ДНК всегда будут одинаковые и комплементарные друг другу одноцепочечные участки ДНК, называемыми «липкими концами», т.к. они могут соединяться между собой за счёт образования комплементарных пар оснований. Если такой комплекс обработать ферментом ДНК-лигазой, произойдёт ковалентное соединение фрагментов, соединённых «липкими концами». При таком сшивании соединение концов одного фрагмента при его длине более **900** нуклеотидных пар происходит в 10 раз чаще, чем соединение концов двух разных фрагментов. Соединение фрагментов происходит случайным образом.

Плаزمида pLG325 несёт гены устойчивости к канамицину и тетрациклину и состоит из **4620** пар нуклеотидов. Рестриктаза Kpn расщепляет эту плазмиду только по гену устойчивости к канамицину в начале этого гена. В районе расщепления ДНК имеет последовательность нуклеотидов:



Плазмиду обработали рестриктазой Kpn. Полученную смесь фрагментов ДНК обработали ДНК-лигазой. Полученные ДНК смешали с клетками бактерий без плазмид и чувствительных к антибиотикам. В часть клеток проникла ДНК плазмиды и изменила их свойства. Полученные клетки высеяли на твёрдую питательную среду без антибиотиков. Было получено **18356** колоний. Клетки из каждой колонии пересеяли на среду, содержащую тетрациклин, на которой рост дали **143** колонии. Клетки из этих колоний пересеяли на среду с канамицином. На этой среде выросло **16** колоний. Из них выделили плазмидную ДНК, она была представлена двумя разными по длине формами, причём в каждой колонии был только один вид плазмиды.

1. Какова эффективность трансформации клеток плазмидой (в % трансформированных клеток)?
2. Как можно объяснить разную длину плазмид в устойчивых к канамицину колониях?
3. Сколько размерных классов плазмид можно найти в колониях, устойчивых к канамицину?

Решение

Сначала найдём место расщепления плазмиды рестриктазой Kpn

5'-ТААЦТГГТАЦЦТААТГАААЦТААЦТТГТАЦЦГЦТАГАГАГГТАЦЦАГГАГАЦГТАТЦ-3'.
3'-АТТГАЦЦАТГГАТТАЦТТГАТТГААЦЦТГГЦГАТЦТЦЦАТГГТЦЦТЦТГЦАТАГ-5'.

Таких участков оказывается два. В результате расщепления из плазмиды вырезается короткий фрагмент длиной **34 пары** нуклеотидов, представляющий собой участок гена устойчивости к канамицину:

5'-ГТАЦЦТААТГАААЦТААЦТТГТАЦЦГЦТАГАГАГ-3'
3'-ГАТТАЦТТТГАТТГААЦЦТГГЦГАТЦТЦЦАТГ-5'

Нашли сайт рестрикции, выделили фрагмент – 2 балла

Остаётся укороченная линейная ДНК, содержащая нерасщеплённый ген устойчивости к тетрациклину и расщеплённый ген устойчивости к канамицину.

5'-ГТАЦЦАГГАГАЦГТАТЦ← **4585 пар** →ТААЦТГ-3'
3'-ГТЦЦТЦТГЦАТАГ АТТГАЦЦАТГ-5'

При сшивании липких концов ДНК-лигазой наиболее часто будут соединяться концы этой молекулы и образовываться кольцо длиной **4585 пар** нуклеотидов. Такая ДНК будет сообщать клеткам устойчивость к тетрациклину и не даст устойчивости к канамицину. Второй фрагмент из-за небольшой длины не может замкнуться в кольцо.

Второй вариант лигирования приводит к сшиванию липких концов двух фрагментов. Он происходит примерно в 10 раз реже, а после сшивки вторая пара липких концов скорее всего также, как и исходный фрагмент замкнётся в кольцо. Таких колец из пары фрагментов может образоваться 4 вида: димеры большого фрагмента в двух разных ориентациях (правый конец с левым концом второго фрагмента и левый конец с правым концом второго фрагмента или правый с правым и левый с левым) и соединения большого и малого фрагмента в двух разных ориентациях (вариант исходной плазмиды и инверсия малого фрагмента). Из них только в варианте исходной плазмиды восстанавливается устойчивость к канамицину.

Линейная молекула, образованная сшиванием двух фрагментов, может присоединить ещё один фрагмент с ещё в 10 раз меньшей частотой. Такие фрагменты в дальнейшем будут циклизироваться в плазмиды трёх размеров: из трёх больших фрагментов, из двух больших и одного малого, и одного большого и двух малых. Три малых фрагмента дадут короткую последовательность, которая не сможет замкнуться в кольцо и существовать в клетке. В каждом размерном классе будет несколько вариантов с разной ориентацией фрагментов. Только в одном из них восстановится ген устойчивости к канамицину: правый конец большого фрагмента соединяется с левым концом малого фрагмента, а правый конец малого фрагмента – с левым концом второго большого фрагмента, а оставшиеся концы двух больших фрагментов соединяются с образованием кольцевой плазмиды длиной **9205 пар** нуклеотидов. Доля таких молекул будет менее 1% всех плазмид. Вероятность образования плазмид из 4 и более фрагментов ещё на порядок ниже и их обнаружение при данном числе полученных трансформированных клеток нереально.

1. Так как расщепление рестриктазой не затрагивает ген устойчивости к пенициллину, все клетки, в результате трансформации получившие любую плазмиду, будут устойчивы к пенициллину и вырастут на среде с этим антибиотиком. Таким образом из **18356** выросших колоний плазмиду получили **143**, выросших на пенициллине. Эффективность трансформации представляет долю трансформированных клеток от общего их числа, т.е. **$143:18356*100\%=0,78\%$** .

4 балла

2. На канамицине могут вырасти только те клетки, в которые попали плазмиды, в которых в результате лигирования восстановится последовательность нуклеотидов в гене устойчивости к

этому антибиотику, расщеплённому рестриктазой. Остальные плазмиды, полученные по приведённой методике, будут содержать либо ген с выщепленным коротким фрагментом, что приведёт к сдвигу рамки считывания (т.к. число удалённых нуклеотидов не кратно трём), либо, при инверсии короткого фрагмента, к появлению стоп-кодонов т.е. прекращению синтеза белка. Таким образом большинство полученных плазмид не обеспечат устойчивости к канамицину.

Рост на канамицине могут обеспечить только плазмиды, несущие восстановленную последовательность гена устойчивости. Такие плазмиды могли образоваться из одного большого и одного малого фрагмента (4620 пар, исходная плазида) или из двух больших и одного малого (9205 пар, начало и конец гена из разных копий большого фрагмента).

2 балла

3. Получается 1 размер из одного большого фрагмента, два размерных класса из двух фрагментов и три размерных класса из трёх фрагментов, то есть **6 размерных классов**. (В реальности различить по длине плазмиды, отличающиеся на длину малого фрагмента, т.е. менее чем на 1%, невозможно. Поэтому в эксперименте, например на электрофореграмме, будут видны лишь три размерных класса, соответствующие 1, 2 или 3 копиям большого фрагмента.

2 балла