

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;

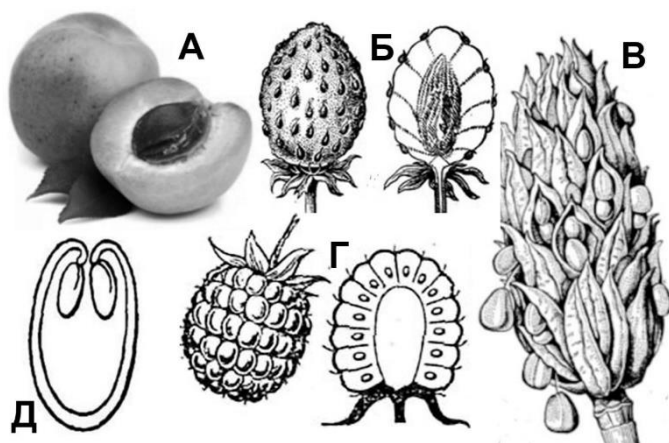
Х – многоцветковый.

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 многолистковка магнолии;

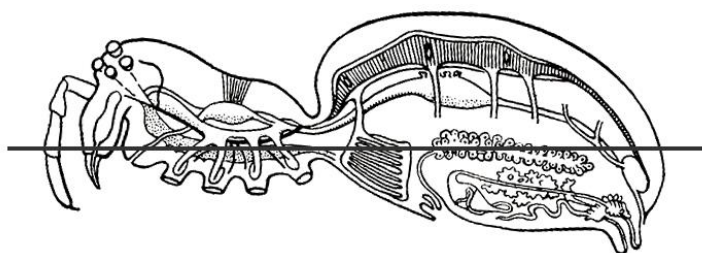
Г – многокостянка малины;

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

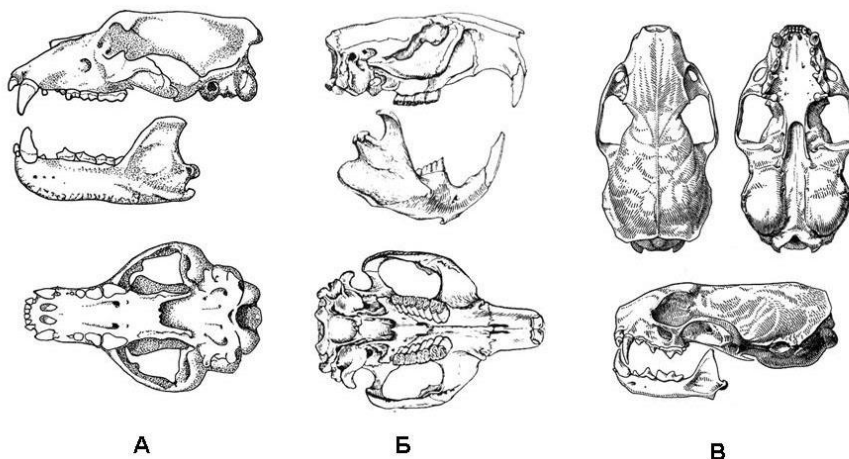
Пояснение: учитывайте только те органы, которые видны на рисунке; если какие-либо органы в действительности парные, но на рисунке виден один орган из пары, то учитывайте только один

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.

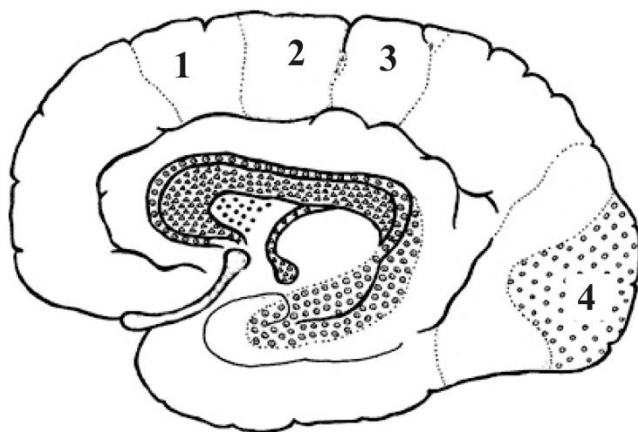
Ответ:

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. 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 тетраспорофиты 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 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 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 F_1 , 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 F_1 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 F_1 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 (F_1) – $Ww Yy$.

Белый трутень (F_1) – $w y$.

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

Белый трутень (P) – $w y$.

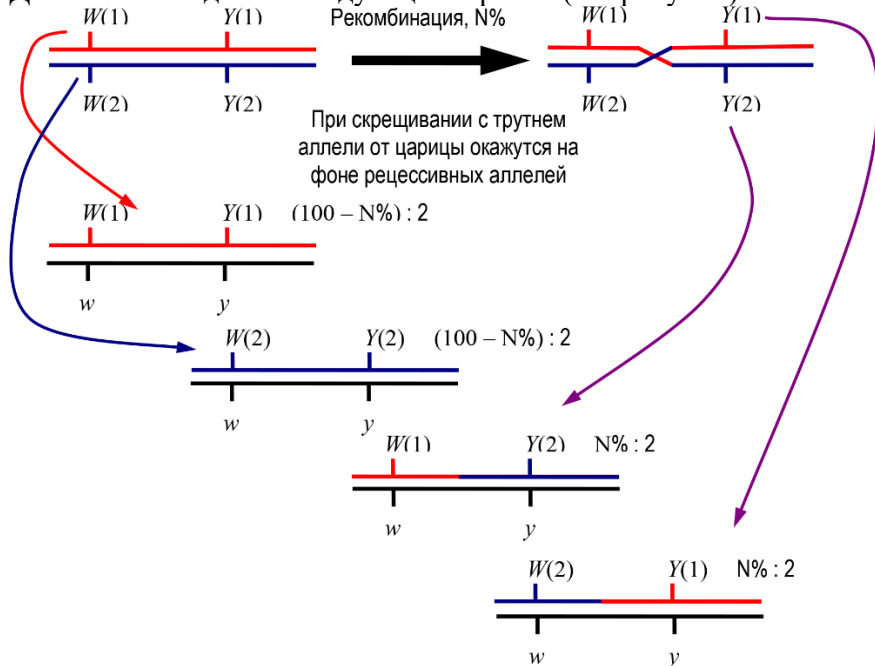
Полосатая царица (F_1) – $Ww Yy$.

Белый трутень (F_1) – $w y$.

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 сцепленно. 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);

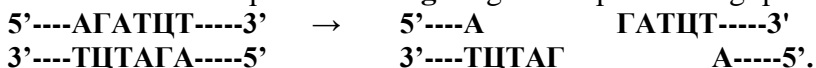
Ww Yu– 16% (полосатое тело);
ww yy – 16% (белое тело).

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 выселили 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.

5'-ГАТЦТГГТГЦТАЦАГЦТ

ТА-3'

3'-АЦЦАЦГГАТГТЦГА ← 3383 пары → АТЦТАГ-5'

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 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 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-кодона 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**