

## Вариант I

### Блок 1. Вариант 7.

#### Задание 1.

Среди перечисленных ниже покрыто-семенных растений найдите представителей трех различных семейств. Укажите, какие это семейства и распределите растения по группам, соответствующим каждому семейству, а также укажите, к какому классу относится каждое из семейств.

Овёс посевной, ковыль степной, паслён чёрный, рябчик шахматный, кукуруза обыкновенная, картофель клубненосный, мятлик луковичный, ландыш майский, петуния гибридная, лилия-саранка (мартагон), табак виргинский.

#### Ответ:

Семейства: Злаки (мятликовые)	Лилейные	Паслёновые
Овёс посевной	Рябчик шахматный	Паслён чёрный
Ковыль степной	Ландыш майский	Картофель клубненосный
Кукуруза обыкновенная	Лилия-саранка	Петуния гибридная
Мятлик луковичный		Табак виргинский
Класс Однодольные	Однодольные	Двудольные

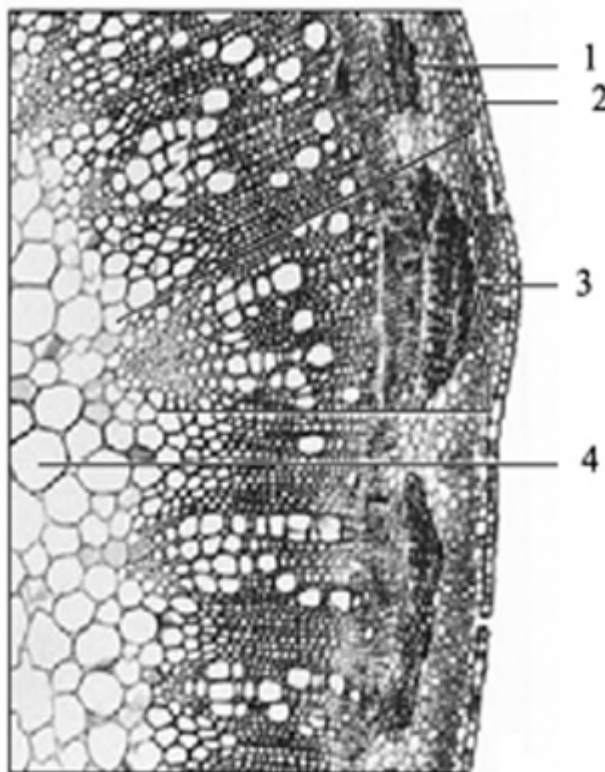
#### Задание 2.

Что обозначено на рисунке справа цифрами 1 – 4? Срез какого органа растения показан на рисунке? К какой группе принадлежит это растение?

#### Ответ:

- 1 – механическая ткань
- 2 - эпидерма
- 3 – проводящий пучок
- 4 - сердцевина

Срез молодого стебля двудольного растения.



#### Задание 3.

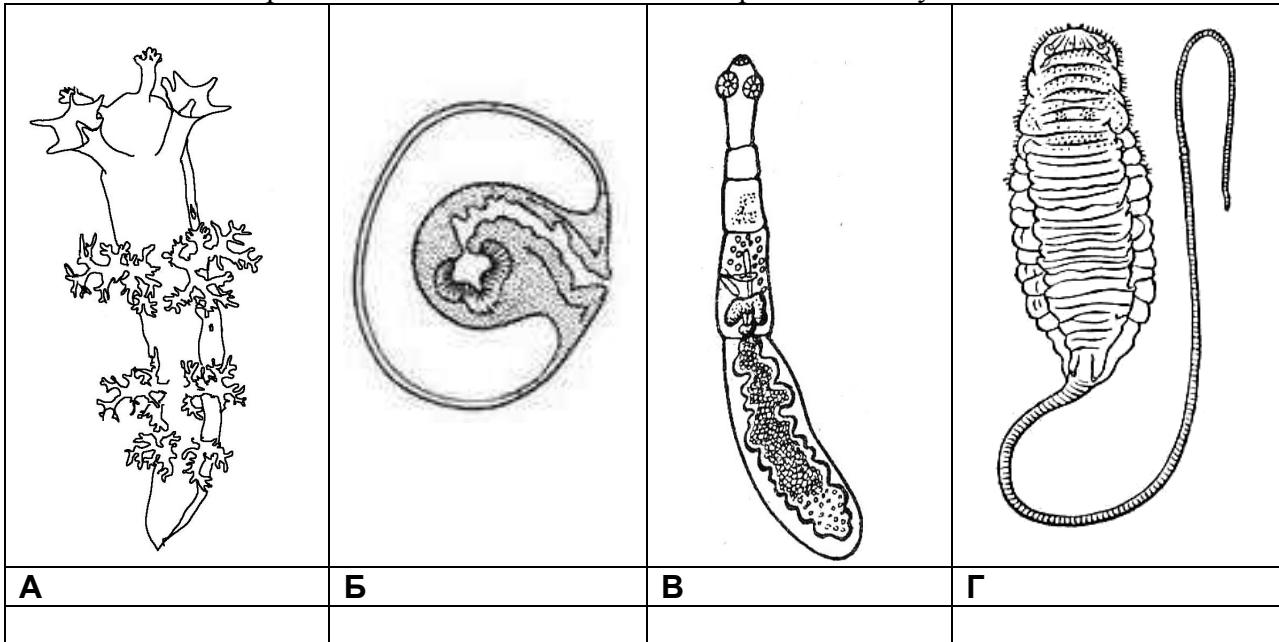
Для каких паразитических плоских червей человек является промежуточным хозяином, а для каких – окончательным?

#### Ответ:

Промежуточный хозяин – для эхинококка, окончательный - для бычьего цепня, свиного цепня, широкого лентеца, печёночной двуустки, кровяной двуустки

#### Задание 4.

Какие из этих организмов относятся к плоским червям? Почему?



Ответ: Б – финна цепня; В – взрослый эхинококк.

#### Блок 2. Вариант 8.

#### Задание 5.

Сколько литров связанного кислорода может содержать 1 л крови человека при условии, что гемоглобин насыщен кислородом на 80%? (Один эритроцит содержит 30 пикограммов гемоглобина. Молекулярный вес гемоглобина равен 64,5 килодальтон) Приведите расчеты.

#### Ответ.

В одном  $\text{мм}^3$  содержится  $5 \cdot 10^6$  эритроцитов, в 1 л  $10^6 \text{ мм}^3$ . Следовательно, в 1 л крови содержится  $30 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 10^6 = 150$  г гемоглобина, что равно  $150 / 64500 = 0,00232$  моля. Каждая молекула гемоглобина связывает 4 молекулы кислорода, значит, 1 л крови может связать  $0,00232 \cdot 4 = 0,000928$  молей кислорода при полном насыщении. Т.к. гемоглобин насыщен кислородом на 80%, то 1 л крови свяжет 0,00742 моля кислорода. Известно, что 1 моль газа занимает при нормальных условиях объем 22,4 л.  $0,00742 \text{ моля} \cdot 22,4 \text{ л} = 0,166 \text{ л}$  кислорода.

Дополнение 2. В вопросе речь идет о крови, а не только об эритроцитах. Если все эритроциты (весь гемоглобин) нагружены кислородом, то еще некоторое количество кислорода может находиться в растворенном состоянии. Это количество кислорода невелико, но если оно будет упоминаться в ответах, то это правильно.

#### Задание 6.

У одного из видов бабочек цвет крыльев определяется локусом, содержащим три аллеля:

**C (черные крылья) > c<sup>g</sup> (серые крылья) > c (белые крылья).**

При исследовании большой популяции были обнаружены следующие частоты:  $C = 0,2$ ;  $c^g = 0,5$  и  $c = 0,3$ .

Если бабочки будут скрещиваться случайно, чему будет равна частота особей с черными, серыми и белыми крыльями в следующем поколении?

Если популяция состоит из 8300 бабочек, сколько будет бабочек каждого фенотипа?

**Решение:** Рассмотрим возможные генотипы и соответствующие им фенотипы.

CC – черные, C c<sup>g</sup> – черные, Cc – черные, c<sup>g</sup> c<sup>g</sup> – серые, c<sup>g</sup> c – серые, cc – белые.

Поскольку скрещивания случайны, в достаточно большой популяции частоты встречаемости гомозигот будут равны частоте встречаемости аллеля, а частоты встречаемости гетерозигот – удвоенному произведению частот встречаемости аллелей. Рассчитываем все возможные комбинации.

$CC=0,2^2 = 0,04$ ;  $Cc^s = 2*0,2*0,5 = 0,2$ ;  $Cc = 2*0,2*0,3 = 0,12$ . Все чёрные =  $0,04+0,2+0,12=0,36$ .

$c^s c^s = 0,5^2 = 0,25$ ;  $c^s c = 2 * 0,5 * 0,3 = 0,3$ . Все серые =  $0,25 + 0,3 = 0,55$ .

$CC = 0,3^2 = 0,09$ .

Рассчитываем по этим частотам количество бабочек в популяции:

Чёрные =  $8300*0,36 = 2988$ ; серые =  $8300*0,55 = 4565$ ; белые =  $8300*0,09 = 747$ .

### Задание 7.

Была определена последовательность нуклеотидов кодирующей нити бактериальной ДНК в начале гена белка, состоящего из 307 аминокислот:

ТГАТГААГТГАТГТГТААГТГЦГАЦАТТЦТАЦТГАТАЦТТЦГТЦТГЦАТГАТТЦ.

В результате мутации выделенный и подчеркнутый остаток цитозина был заменён на тимин.

Используя таблицу генетического кода, определите, как эта мутация отразится на свойствах белка.

	У	Ц	А	Г
У	УУУ фенилаланин УУЦ фенилаланин УУА лейцин УУГ лейцин	УЦУ серин УЦЦ серин УЦА серин УЦГ серин	УАУ тирозин УАЦ тирозин УАА стоп УАГ стоп	УГУ цистеин УГЦ цистеин УГА стоп УГГ триптофан
Ц	ЦУУ лейцин ЦУЦ лейцин ЦУА лейцин ЦУГ лейцин	ЦЦУ пролин ЦЦЦ пролин ЦЦА пролин ЦЦГ пролин	ЦАУ гистидин ЦАЦ гистидин ЦАА глицин ЦАГ глицин	ЦГУ аргинин ЦГЦ аргинин ЦГА серин ЦГГ серин
А	АУУ изолейцин АУЦ изолейцин АУА изолейцин АУГ метионин	АЦУ треонин АЦЦ треонин АЦА треонин АЦГ треонин	ААУ аспарагин ААЦ аспарагин ААА лизин ААГ лизин	АГУ аргинин АГЦ аргинин АГА аргинин АГГ аргинин
Г	ГУУ Валин ГУЦ валин ГУА валин ГУГ валин	ГЦУ аланин ГЦЦ аланин ГЦА аланин ГЦГ аланин	ГАУ аспарагиновая кислота ГАЦ аспарагиновая кислота ГАА глутаминовая кислота ГАГ глутаминовая кислота	ГГУ Глицин ГГЦ Глицин ГГА Глицин ГГГ глицин

**Решение** Так как указана последовательность кодирующей нити, она будет совпадать с последовательностью информационной РНК, за исключение того, что Т заменяется на У.

УГАУУААГУГАУГУГУААГГУГЦГАЦАУУЦУАЦУГАУАЦУУЦГУЦУГЦАУГАУУЦ.

Так как синтез белка начинается с инициаторного кодона АУГ, а приведено начало цепи, ищем первый инициаторный кодон, а последовательность после него разбиваем на триплеты. УГАУУААГУГ АУГ УГУ ААГ ГУГ ЦГА ЦАУ УЦУ АЦУ ГАА ЦУУ ЦГУ ЦУГ ЦАУ ГАУ УЦ. Изменённое в результате мутации основание находится в пятом кодоне. В результате кодон ЦГА превращается в кодон УГА. Это терминирующий кодон, следовательно синтез мутантного белка прервётся на этом месте и вместо белка получится пятичленный пептид. Таким образом результатом мутации будет исчезновение данного белка.

### Блок 3. Вариант 3.

#### Задание 8.

Упрощенная схема пищевой сети, которая завершается лисой обыкновенной, выглядит следующим образом:

растения → грызуны → лисица;

плоды → лисица;

растения → насекомые → лягушки → лисица.

При этом 75% рациона лисы составляют грызуны, 20% – различные ягоды, плоды и 5% земноводные. Суммарный суточный рацион лисицы составляет 1000 ккал.

Рассчитайте площадь, необходимую для обеспечения суточных энергозатрат этого животного, исходя из предположения, что поступление солнечной энергии к автотрофному уровню экосистемы за день составляет 400 кал на квадратный сантиметр.

#### Решение.

В процессе фотосинтеза автотрофами усваиваются 1% солнечной энергии, а с одного трофического уровня на следующий уровень согласно правилу Линдемана передается около 10% энергии. Рассчитываем площадь следующим образом:

1. а)  $1000 \times 0.75 = 750 \times 10 \times 10 \times 100 = 7.5 \times 10^6$  ккал      б)  $7.5 \times 10^6 / 4000 = 1875 \text{ м}^2$  – цепь с грызунами.

2. а)  $1000 \times 0.2 = 200 \times 10 \times 100 = 0.2 \times 10^6$  ккал      б)  $0.2 \times 10^6 / 4000 = 50 \text{ м}^2$  – цепь плодов и ягод.

3.  $1000 \times 0.05 \times 10 \times 10 \times 10 \times 100 = 5 \times 10^6$  ккал      б)  $5 \times 10^6 / 4000 = 1250 \text{ м}^2$  – цепь земноводных.

4.  $1875 + 50 + 1250 = 3175 \text{ м}^2 = 0.32 \text{ га}$ .

В некоторых учебниках указывается, что от первичных консументов ко вторичным переходит 20% энергии. В этом случае первая и третья цепь дадут величины площади в 2 раза меньшие : 937,5 и 625 м<sup>2</sup>, а суммарная необходимая площадь будет равна 1612 м<sup>2</sup>, или 0,16 га. Такой ответ также надо засчитывать как правильный.

#### Задание 9.

В лепестках одного из видов растений обнаружены вещества (пигменты), которые обуславливают пурпурный (P), красный (R), жёлтый (Y) и синий (B) цвет. При этом за образование пурпурного пигмента отвечает ген P, у которого есть мутантный аллель p. Растения с генотипом pp не могут синтезировать пурпурный пигмент. У того же растения есть ген R, отвечающий за синтез красного пигмента (и соответствующий мутантный аллель r); ген Y, отвечающий за образование желтого пигмента (с мутантным аллелем y); ген B, отвечающий за синтез синего пигмента (с мутантным аллелем b). Все гены наследуются независимо. Образование бесцветного вещества W, из которого в результате последовательных стадий биосинтеза образуются все перечисленные пигменты, контролируется геном W. Ниже даны результаты скрещиваний между растениями с различной окраской лепестков.

Результаты скрещиваний, в которых участвовали одни и те же линии растений. Число мутантных аллелей у каждого из родителей минимально.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые × Пурпурные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 белые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Белые × Красные	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 красные
Белые × Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 жёлтые
Белые × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 синие

Пурпурные × Красные	Все красные	3 красные : 1 пурпурные
Пурпурные × Жёлтые	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 жёлтые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Пурпурные × Синие	Все синие	3 синие : 1 пурпурные
Красные × Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 красные
Красные × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 пурпурные
Жёлтые × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 синие

**А.** Предложите условную биохимическую схему биосинтеза пигментов, если известно, что при наличии аллеля дикого типа предшествующее вещество полностью переходит в последующие продукты (т.е. промежуточные окрашенные соединения не накапливаются!). Свою схему обоснуйте генетически.

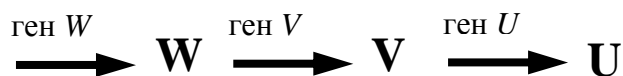
**Б.** Какими генотипами обладают родители в каждом из приведённых ниже скрещиваний?

**В.** Предложите такие генотипы родительской пары растений с белыми лепестками, у которых в первом поколении все потомки будут синими. Предскажите расщепление во втором поколении.

**Решение.**

**Этап 1. Составление линейной модели.**

Для начала представим некоторые варианты цепочки превращений веществ друг в друга. Например, из предшественника W сначала синтезируется пигмент V, а затем из него – пигмент U (линейная последовательность).



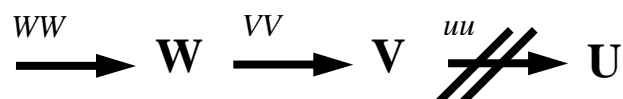
Если все гены будут представлены доминантными (функциональными) аллелями, лепестки приобретут окраску U (промежуточное вещество V по условию не накапливается). Генотип растений с окраской U будет следующим:  $WW VV UU$ .

Чтобы лепестки остались белыми, вещество W не должно превратиться ни в одно из последующих веществ. Это может быть только в том случае, если ген V представлен рецессивным мутантным аллелем  $v$ . Какими аллелями должны быть представлены гены W и U? По условию Число мутантных аллелей у каждого из родителей минимально. Это означает, что остальные гены представлены доминантными аллелями.

Таким образом, генотип белых растений  $WW vv UU$ .



Чтобы растения обладали окраской V, вещество V не должно превращаться в вещество U. Это возможно только при генотипе  $WW VV uu$ .



Теперь рассмотрим, как должны вести себя признаки при скрещиваниях в разных вариантах.

P:  $WW vv UU$  (Белые)  $\times$   $WW VV UU$  (Окраска U)

F<sub>1</sub>:  $WW \underline{Vv} UU$  (Окраска U)

F<sub>2</sub>:  $WW \underline{VV} UU$  (Окраска U) +  $2WW Vv UU$  (Окраска U) +  $WW vv UU$  (Белые)

по фенотипам – классическое моногибридное скрещивание.

3 с окраской U : 1 белые.

P:  $WW VV uu$  (Окраска V)  $\times$   $WW VV UU$  (Окраска U)

F<sub>1</sub>:  $WW \underline{VV} Uu$  (Окраска U)

F<sub>2</sub>:  $WW \underline{VV} UU$  (Окраска U) +  $2WW VV Uu$  (Окраска U) +  $WW VV uu$  (Окраска V)

по фенотипам – классическое моногибридное скрещивание.

3 с окраской U : 1 с окраской V.

Заметим, что доминировать будет окраска, обусловленная тем веществом, которое стоит в конце биохимической цепочки.

P:  $WW vv UU$  (Белые)  $\times$   $WW VV uu$  (Окраска V)

F<sub>1</sub>:  $WW \underline{Vv} \underline{Uu}$  (Окраска U!)

F<sub>2</sub>:  $9WW V- U-$  (Окраска U) :  $3WW vv U-$  (Белые) :  $3WW V- uu$  (Окраска V) :

1  $WW vv uu$  (Белые).

Получилось типичное расщепление как при дигибридном скрещивании. Единственная поправка – белыми оказались также и двойные гомозиготы  $vv uu$ .

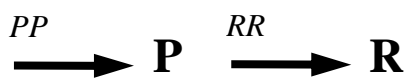
Таким образом, если мы имеем дело с промежуточным продуктом биосинтеза, то при скрещивании белых растений с окрашенными окраска в первом поколении не совпадает с окраской ни одного из родителей. Во втором поколении будет расщепление по двум генам. У потомков F<sub>2</sub> присутствуют все окраски, которые наблюдались у родителей и первого поколения гибридов.

## Этап 2. Поиск соответствия результатов скрещивания линейной модели.

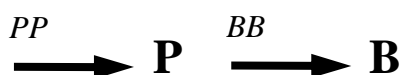
Теперь найдём все варианты скрещивания из таблицы, которые подходят под линейную модель биосинтеза. Сначала проанализируем все случаи моногибридного скрещивания.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые $\times$ Пурпурные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 белые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Белые $\times$ Красные	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 красные
Белые $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 жёлтые
Белые $\times$ Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 синие
Пурпурные $\times$ Красные	Все красные	3 красные : 1 пурпурные
Пурпурные $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 жёлтые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Пурпурные $\times$ Синие	Все синие	3 синие : 1 пурпурные
Красные $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 красные
Красные $\times$ Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 пурпурные
Жёлтые $\times$ Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 синие

Из этих данных следует, что на последнем этапе биосинтеза из вещества Р получается R (красные).



В цепочке биосинтеза перед синим пигментом В также присутствует вещество Р (пурпурные).



Теперь найдём все варианты дигибридных скрещиваний, в которых 1) новая окраска не появляется и 2) соотношение фенотипов 9 : 4 : 3.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые × Пурпурные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 белые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Белые × Красные	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 красные
Белые × Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 жёлтые
Белые × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 синие
Пурпурные × Красные	Все красные	3 красные : 1 пурпурные
Пурпурные × Жёлтые	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 жёлтые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Пурпурные × Синие	Все синие	3 синие : 1 пурпурные
Красные × Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 красные
Красные × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 пурпурные
Жёлтые × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 синие

Во всех дигибридных скрещиваниях в первом поколении появляется фиолетовая окраска (фиолетовый пигмент не приведён в условии).

### Этап 3. Составление модели развилки путей биосинтеза.

В некоторых скрещиваниях возникает окраска, которой не было ни у одной из родительских форм. В частности, в первом и втором поколении присутствуют растения с фиолетовыми лепестками. Логично предположить, что такую окраску может давать сочетание пигментов.

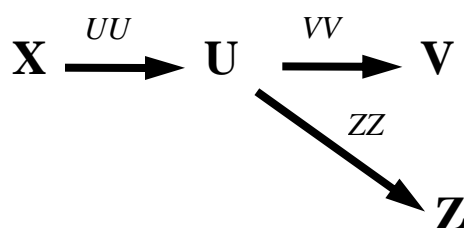
Например:

фиолетовый = красный + синий

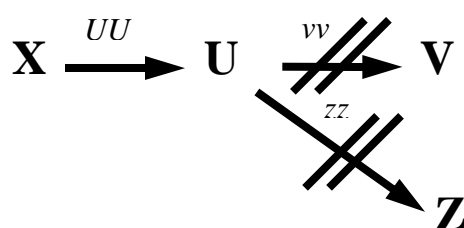
Пигменты могут сочетаться только в одном случае – если они принадлежат разным цепочкам биосинтеза (по условию промежуточные продукты не накапливаются!).

Это означает, что в пути биосинтеза есть разветвление: из одного и того же исходного вещества может получиться не один, а несколько продуктов.

Рассмотрим простейшую развилку, когда из одного предшественника может синтезироваться два вещества.



Если все гены представлены доминантными (функциональными) аллелями, то возникает сочетание цветов V и Z. Теперь, чтобы получить окраску U, необходимо прервать не одну, а две биохимические реакции. Это возможно при генотипе  $UU\ vv\ zz$ .



Предположим, что мы скрещиваем растения с окрасками U и X:

P:  $uu\ VV\ ZZ$  (окраска X)  $\times$   $UU\ vv\ zz$  (окраска U)

F<sub>1</sub>:  $Uu\ Vv\ Zz$  (окраска V + Z)

Т. е. в первом поколении будет происходить активация обеих ветвей биосинтеза!

F<sub>2</sub> даст довольно много сочетаний аллелей:  $27\ U-V-Z$  :  $9\ uu\ V-Z-$  :  $9\ U-vvZ-$  :  $9\ U-V-zz$  :

$3\ uuV-zz$  :  $3\ uuvvZ-$  :  $3\ U-vvzz$  :  $1\ uuvvzz$ . Самый большой класс потомков – это со смешанной окраской, характерной для конечных продуктов в обеих цепочках биосинтеза. Если анализируются предшественник и продукт, которые оказались в одной цепочке (как вещества X и U), то все гомозиготы  $uu$  будут иметь окраску X. Таких окажется  $9\ uu\ V-Z-$  +  $3\ uuV-zz$  +  $3\ uuvvZ-$  +  $1\ uuvvzz = 16$ , т. е., 25% от общего числа потомков (фактически 3 [прочих] : 1 [окраска X]), что мы видели, обсуждая линейную последовательность. Если же отношения (предшественник → продукт) между обсуждаемыми веществами нет, то картина расщепления может оказаться более сложной.

#### Этап 4. Поиск соответствия результатов скрещивания разветвлённой модели.

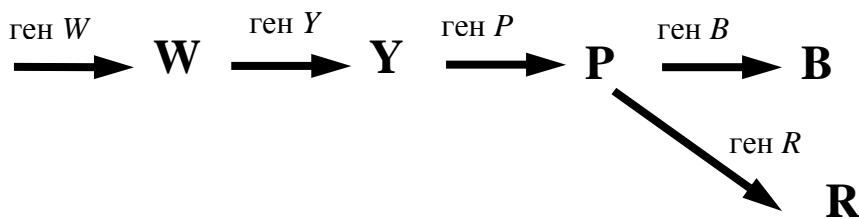
Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые $\times$ Пурпурные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 белые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Белые $\times$ Красные	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 красные
Белые $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 жёлтые
Белые $\times$ Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 белые : 3 синие
Пурпурные $\times$ Красные	Все красные	3 красные : 1 пурпурные
Пурпурные $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 16 жёлтые : 9 красные : 9 синие : 3 пурпурные
Пурпурные $\times$ Синие	Все синие	3 синие : 1 пурпурные
Красные $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 красные



Красные × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 пурпурные
Жёлтые × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 4 жёлтые : 3 синие

Результаты скрещивания явно свидетельствуют о развилках. При этом отношение (предшественник → продукт), судя по расщеплению, наблюдается в обоих тригибридных случаях. При скрещиваниях между белыми и пурпурными предшественником будет W, а при скрещиваниях между жёлтыми и пурпурными предшественником будет Y.

Таким образом, жёлтый пигмент стоит в цепи биосинтеза раньше, чем пурпурный, а из пурпурного образуются как красный, так и синий. Теперь мы можем составить полную схему биохимических превращений.



### Этап 5. Генотипы родительских растений

Исходя из условия задачи, генотипы нужно составить так, чтобы число мутантных аллелей было минимальным.

Чтобы лепестки оставались белыми, вещество W не должно превратиться в Y.

**Генотип белых растений: WW yy PP RR BB.**

Чтобы образовался только жёлтый пигмент, ген Y должен быть представлен доминантным аллелем. Но жёлтый пигмент не должен превращаться в пурпурный.

**Генотип жёлтых растений: WW YY pp RR BB.**

Чтобы образовался только пурпурный пигмент, вещество P не должно превратиться ни в R, ни в B. Гены Y и P должны быть представлены доминантными аллелями.

**Генотип пурпурных растений: WW YY PP rr bb.**

Чтобы лепестки были синими, все ферменты в цепочке между W и B должны работать, а синтеза красного пигмента не должно быть.

**Генотип синих растений: WW YY PP rr BB.**

Рассуждая аналогично, можно предложить

**Генотип красных растений: WW YY PP RR bb.**

### Этап 6.

Теперь нужно подобрать пару генотипов родительских растений с белыми лепестками, у которых все потомки первого поколения будут синими.

Для получения синей окраски необходимы аллели Y, P и B, но красный пигмент не должен образоваться.

Таким условиям удовлетворяет генотип  $W- Y- P- B- rr$ .

Одного из родителей с белыми лепестками легко предложить. Достаточно прервать биосинтез между  $W$  и  $Y$ .

**$WW yy PP BB rr$**

У второго родителя должен присутствовать аллель  $Y$  (иначе у потомков не будет синтезироваться жёлтый и все последующие пигменты). Но, в то же время, лепестки должны остаться белыми! Это возможно в том случае, если не синтезируется исходное вещество  $W$  (лепестки также будут белыми – ведь ни один из пигментов не может образоваться без  $W$ ).

**$ww YY PP BB rr$**

$P$ :  **$WW yy PP BB rr$**  (Белые)  $\times$   **$ww YY PP BB rr$**  (Белые)

$F_1$ :  **$Ww Yy PP BB rr$**  (Синие)

$F_2$ : 9  **$W- Y- PP BB rr$**  (Синие) : 3  **$ww Y- PP BB rr$**  (Белые) : 3  **$W- yy PP BB rr$**  (Белые) :  
1  **$ww yy PP BB rr$**  (Белые)

Итого: 9 синие : 7 белые/

## Вариант II

### Блок 1

#### Задание 1.

Среди перечисленных ниже покрытосеменных растений найдите представителей трех различных семейств. Укажите, какие это семейства и распределите растения по группам, соответствующим каждому семейству, а также укажите, к какому классу относится каждое из семейств.

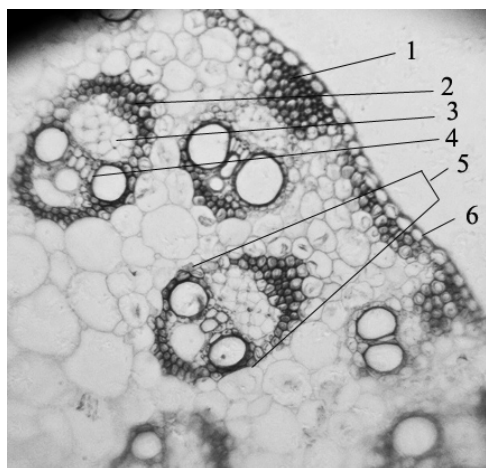
Тростник южный, арабидопсис Таля, бамбук вздутый, картофель клубненосный, просо обыкновенное, редька дикая, пырей ползучий, белена обыкновенная, рис индийский, капуста пекинская, табак душистый, пастушья сумка.

#### Ответ:

Семейства:	Злаки (Мятликовые)	Крестоцветные	Паслёновые.
	Тростник южный	Арабидопсис Таля	Картофель клубненосный
	Бамбук вздутый	Редька дикая	Белена обыкновенная
	Просо обыкновенное	Капуста пекинская	Табак душистый
	Пырей ползучий	Пастушья сумка	
	Рис индийский		

#### Задание 2.

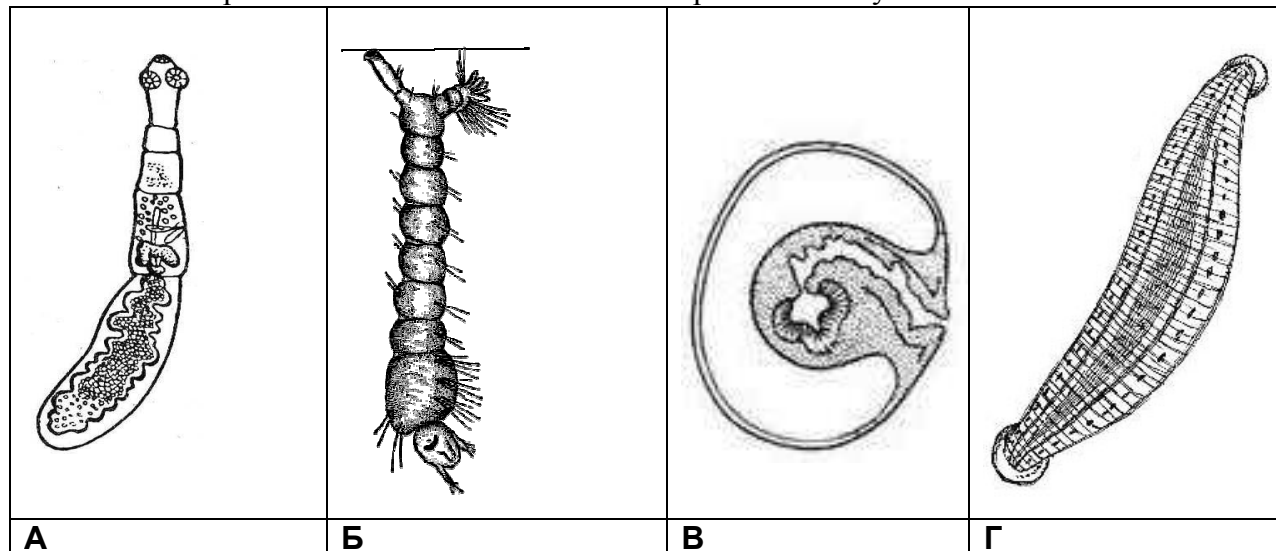
Что обозначено на рисунке цифрами 1 – 6? Срез какого органа растения показан на рисунке? К какой группе принадлежит это растение?



**Ответ:** 1 - механическая ткань; 2 – механическая ткань; 3 – флоэма; 4 – ксилема; 5 – проводящий пучок; 6 – эпидерма. Срез стебля однодольного растения.

#### Задание 3.

Какие из этих организмов относятся к плоским червям? Почему?



**Ответ:** А – взрослый эхинококк, В – срез финны бычьего цепня

#### **Задание 4.**

Как устроено перо птиц? Какие виды перьев бывают?

**Ответ:** Перо состоит из стержня и бородок. Нижняя часть стержня, погружённая в кожу, называется очин. Бородки различаются по своей структуре: жёсткие с отходящими от них бородками второго порядка с крючками и мягкие без крючков. Первые соединяясь, образуют опахало. Вторые формируют пуховую теплоизолирующую прослойку. Перья делятся на маховые, рулевые, контурные, пуховые и пух. Первые два вида имеют толстый стержень и жёсткое опахало, контурные имеют опахало и пуховую часть. Пуховые имеют тонкий стержень и только пуховые бородки. Пух характеризуется коротким стержнем, не выходящим за пределы кожи.

### **Блок 2. Вариант 6.**

#### **Задание 5.**

Сколько литров связанного кислорода проходит через аорту за 1 час при условии, что весь гемоглобин в лёгких полностью насыщается кислородом? (Один эритроцит содержит 30 пикограммов гемоглобина. Молекулярный вес гемоглобина равен 64,5 килодальтон) Приведите расчеты.

**Ответ.**

При каждом сокращении сердца в аорту выбрасывается около 70 мл крови. При частоте сердечных сокращений, равно 70, за минуту через аорту проходит около 5 л крови, а за час  $5 \cdot 60 = 300$  л крови

В одном  $\text{мм}^3$  содержится  $5 \cdot 10^6$  эритроцитов, в 1 л  $10^6 \text{ мм}^3$ . Следовательно, в 1 л крови содержится  $30 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 10^6 = 150$  г гемоглобина, что равно  $150 / 64500 = 0,00232$  моля. Каждая молекула гемоглобина связывает 4 молекулы кислорода, значит, 1 л крови может связать  $0,00232 \cdot 4 = 0,00928$  молей кислорода при полном насыщении. Известно, что 1 моль газа занимает при нормальных условиях объем 22,4 л.  $0,00928$  моля  $\cdot 22,4$  л = 0,207 л. кислорода в одном литре крови. За час через аорту пройдёт  $0,207 \cdot 300 = 62,3$  л кислорода.

Дополнение. В вопросе речь идет о крови, а не только об эритроцитах. Если все эритроциты (весь гемоглобин) нагружены кислородом, то еще некоторое количество кислорода может находиться в растворенном состоянии. Это количество кислорода невелико, но если оно будет упоминаться в ответах, то это правильно.

#### **Задание 6.**

У одного из видов жуков цвет надкрылий определяется локусом, содержащим три аллеля:

**C (коричневые надкрылья) > c<sup>g</sup> (серые надкрылья) > c (жёлтые надкрылья).**

При исследовании большой популяции были обнаружены следующие частоты: C = 0,4; c<sup>g</sup> = 0,4 и c = 0,2.

Если насекомые будут скрещиваться случайно, чему будет равна частота особей с коричневыми, серыми и жёлтыми надкрыльями в следующем поколении?

Если популяция состоит из 16000 жуков, сколько будет жуков каждого фенотипа?

**Решение:** Рассмотрим возможные генотипы и соответствующие им фенотипы.

СС-коричневые, C c<sup>g</sup> – коричневые, Cc – коричневые, c<sup>g</sup> c<sup>g</sup> – серые, c<sup>g</sup> c – серые, cc – Жёлтые.

Поскольку скрещивания случайны, в достаточно большой популяции частоты встречаемости гомозигот будут равны частоте встречаемости аллеля, а частоты встречаемости гетерозигот – удвоенному произведению частот встречаемости аллелей. Рассчитываем все возможные комбинации.

$CC=0,4^2 = 0,16$ ;  $Cc^s = 2*0,4*0,4 = 0,32$ ;  $Cc = 2*0,4*0,2 = 0,16$ . Все коричневые =  $0,16+0,32+0,16=0,64$ .

$c^s c^s = 0,4^2 = 0,16$ ;  $c^s c = 2 * 0,4 * 0,2 = 0,16$ . Все серые =  $0,16 + 0,16 = 0,32$ .

$CC = 0,2^2 = 0,04$ .

Рассчитываем по этим частотам количество жуков в популяции:

Коричневые =  $16000*0,64 = 10240$ ; серые =  $10000*0,32 = 5120$ ; Жёлтые =  $16000*0,04 = 640$ .

### Задание 7.

Была определена последовательность нуклеотидов кодирующей нити бактериальной ДНК в начале гена белка, состоящего из 307 аминокислот:

ТГАТГААЦТГАТГГТЦАГЦАГЦАТАГГТЦГТЦГАГААГТЦАГГТАЦГТЦГТЦАТЦТАГ.

В результате мутации выделенный и подчеркнутый остаток цитозина был заменён на тимин.

Используя таблицу генетического кода, определите, как эта мутация отразится на свойствах белка.

	У	Ц	А	Г
У	УУУ фенилаланин УУЦ фенилаланин УУА лейцин УУГ лейцин	УЦУ серин УЦЦ серин УЦА серин УЦГ серин	УАУ тирозин УАЦ тирозин УАА <b>стоп</b> УАГ <b>стоп</b>	УГУ цистеин УГЦ цистеин УГА <b>стоп</b> УГГ триптофан
Ц	ЦУУ лейцин ЦУЦ лейцин ЦУА лейцин ЦУГ лейцин	ЦЦУ пролин ЦЦЦ пролин ЦЦА пролин ЦЦГ пролин	ЦАУ гистидин ЦАЦ гистидин ЦАА глицин ЦАГ глицин	ЦГУ аргинин ЦГЦ аргинин ЦГА серин ЦГГ серин
А	АУУ изолейцин АУЦ изолейцин АУА изолейцин АУГ метионин	АЦУ треонин АЦЦ треонин АЦА треонин АЦГ треонин	ААУ аспарагин ААЦ аспарагин ААА лизин ААГ лизин	АГУ аргинин АГЦ аргинин АГА аргинин АГГ аргинин
Г	ГУУ Валин ГУЦ валин ГУА валин ГУГ валин	ГЦУ аланин ГЦЦ аланин ГЦА аланин ГЦГ аланин	ГАУ аспарагиновая кислота ГАЦ аспарагиновая кислота ГАА глутаминовая кислота ГАГ глутаминовая кислота	ГГУ Глицин ГГЦ Глицин ГГА Глицин ГГГ глицин

**Решение** Так как указана последовательность кодирующей нити, она будет совпадать с последовательностью информационной РНК, за исключение того, что Т заменяется на У.

УГАУУААЦУГАУГГУЦАГЦАГЦАУАГГУЦГУЦГАГААГУЦАГГУАЦГУЦГТЦАУЦУАГ.

Так как синтез белка начинается с инициаторного кодона АУГ, а приведено начало цепи, ищем первый инициаторный кодон, а последовательность после него разбиваем на триплеты.

УГАУУААЦУГ АУГ ГУЦ АГЦ АГЦ АУА ГГУ ЦГУ ЦГА ГАА ГУЦ АГГ УАЦ ГУЦ ГТЦ АУЦ УАГ.

Изменённое в результате мутации основание находится в пятом кодоне. В результате кодон ЦГА превращается в кодон УГА. Это терминирующий кодон, следовательно синтез мутантного белка прервётся на этом месте и вместо белка получится пятичленный пептид. Таким образом результатом мутации будет исчезновение данного белка.

### Блок 3. Вариант 4.

#### Задание 8.

Упрощенная схема пищевой цепи, вверху которой находится бурый медведь, выглядит следующим образом:

фитопланктон → зоопланктон → мелкая рыба → лосось → бурый медведь;  
 растения → личинки насекомых → бурый медведь;  
 растения → бурый медведь.

При этом надо исходить из того, что 20% рациона бурого медведя составляет рыба, 65% – растения и 15% – личинки насекомых. Суммарный суточный рацион бурого медведя составляет 13000 ккал.

Рассчитайте площадь, необходимую для обеспечения суточных энергозатрат бурого медведя, исходя из предположения, что поступление солнечной энергии к автотрофному уровню экосистемы за день составляет 400 кал на квадратный сантиметр.

В процессе фотосинтеза автотрофами усваиваются 1% солнечной энергии, а с одного трофического уровня на следующий уровень согласно правилу Линдемана передается около 10% энергии. Рассчитываем площадь следующим образом:

1.  $13000 \times 0.2 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 100 = 2600 \times 10^6$  ккал       $2600 \times 10^6 / 4000 = 650000$  м<sup>2</sup> – рыбная цепь.
2.  $13000 \times 0.65 \times 10 \times 100 = 8.45 \times 10^6$  ккал       $8.45 \times 10^6 / 4000 = 2112.5$  м<sup>2</sup> – цепь растений.
3.  $13000 \times 0.15 \times 10 \times 10 \times 100 = 19.5 \times 10^6$  ккал       $19.5 \times 10^6 / 4000 = 4875$  м<sup>2</sup> – цепь личинок.
4.  $650000 \text{ м}^2 + 2112.5 \text{ м}^2 + 4875 \text{ м}^2 = 656987.5 \text{ м}^2 = \mathbf{65.69875 \text{ га} \approx 65.7 \text{ га}}$  – ответ.

В некоторых учебниках указывается, что от первичных консументов ко вторичным переходит 20% энергии. В этом случае первая и третья цепь дадут величины площади в 2 раза меньше: 325000 и 2437 м<sup>2</sup>, а суммарная необходимая площадь будет равна 329550 м<sup>2</sup>, или 32,96га. Такой ответ также надо засчитывать как правильный.

### Задание 9.

В лепестках одного из видов растений обнаружены вещества (пигменты), которые обуславливают пурпурный (P), красный (R), жёлтый (Y) и синий (B) цвет. При этом за образование пурпурного пигмента отвечает ген P, у которого есть мутантный аллель p. Растения с генотипом pp не могут синтезировать пурпурный пигмент. У того же растения есть ген R, отвечающий за синтез красного пигмента (и соответствующий мутантный аллель r); ген Y, отвечающий за образование желтого пигмента (с мутантным аллелем y); ген B, отвечающий за синтез синего пигмента (с мутантным аллелем b). Все гены наследуются независимо. Образование бесцветного вещества W, из которого в результате последовательных стадий биосинтеза образуются все перечисленные пигменты, контролируется геном W. Ниже даны результаты скрещиваний между растениями с различной окраской лепестков.

Результаты скрещиваний, в которых участвовали одни и те же линии растений. Число мутантных аллелей у каждого из родителей минимально.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые × Пурпурные	Все синие	9 синие : 4 белые : 3 пурпурные
Белые × Красные	Все красные	3 красные : 1 белые
Белые × Жёлтые	Все красные	9 красные : 4 белые : 3 жёлтые
Белые × Синие	Все синие	3 синие : 1 белые
Пурпурные × Красные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 9 красные : 9 пурпурно-красные : 9 синие : 4 белые : 3 пурпурные : 3 красные
Пурпурные ×	Все фиолетовые	Тетрагибридное расщепление со всеми возможными

Жёлтые		сочетаниями генотипов и фенотипов
Пурпурные × Синие	Все синие	3 синие : 1 пурпурные
Красные × Жёлтые	Все красные	3 красные : 1 жёлтые
Красные × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 белые
Жёлтые × Синие	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 13 белые: 9 красные : 9 синие : 3 синие : 3 жёлтые

**А.** Предложите условную биохимическую схему биосинтеза пигментов, если известно, что при наличии аллеля дикого типа предшествующее вещество полностью переходит в последующие продукты (т.е. промежуточные окрашенные соединения не накапливаются!). Свою схему обоснуйте генетически.

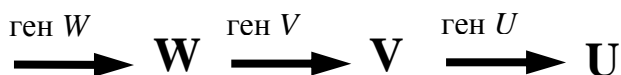
**Б.** Какими генотипами обладают родители в каждом из приведённых ниже скрещиваний?

**В.** Предложите такие генотипы родительской пары растений с белыми лепестками, у которых в первом поколении все потомки будут синими. Предскажите расщепление во втором поколении.

**Решение.**

**Этап 1. Составление линейной модели.**

Для начала представим некоторые варианты цепочки превращений веществ друг в друга. Например, из предшественника *W* сначала синтезируется пигмент *V*, а затем из него – пигмент *U* (линейная последовательность).



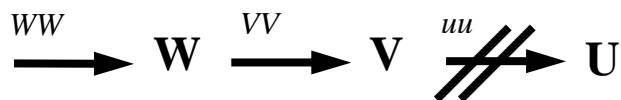
Если все гены будут представлены доминантными (функциональными) аллелями, лепестки приобретут окраску *U* (промежуточное вещество *V* по условию не накапливается). Генотип растений с окраской *U* будет следующим: *WW VV UU*.

Чтобы лепестки остались белыми, вещество *W* не должно превратиться ни в одно из последующих веществ. Это может быть только в том случае, если ген *V* представлен рецессивным мутантным аллелем *v*. Какими аллелями должны быть представлены гены *W* и *U*? По условию Число мутантных аллелей у каждого из родителей минимально. Это означает, что остальные гены представлены доминантными аллелями.

Таким образом, генотип белых растений *WW vv UU*.



Чтобы растения обладали окраской *V*, вещество *V* не должно превращаться в вещество *U*. Это возможно только при генотипе *WW VV uu*.



Теперь рассмотрим, как должны вести себя признаки при скрещиваниях в разных вариантах.

P:  $WW vv UU$  (Белые)  $\times$   $WW VV UU$  (Окраска U)

F<sub>1</sub>:  $WW \underline{Vv} UU$  (Окраска U)

F<sub>2</sub>:  $WW VV UU$  (Окраска U) +  $2WW Vv UU$  (Окраска U) +  $WW vv UU$  (Белые)

по фенотипам – классическое моногибридное скрещивание.

3 с окраской U : 1 белые.

P:  $WW VV uu$  (Окраска V)  $\times$   $WW VV UU$  (Окраска U)

F<sub>1</sub>:  $WW VV \underline{Uu}$  (Окраска U)

F<sub>2</sub>:  $WW VV UU$  (Окраска U) +  $2WW VV Uu$  (Окраска U) +  $WW VV uu$  (Окраска V)

по фенотипам – классическое моногибридное скрещивание.

3 с окраской U : 1 с окраской V.

Заметим, что доминировать будет окраска, обусловленная тем веществом, которое стоит в конце биохимической цепочки.

P:  $WW vv UU$  (Белые)  $\times$   $WW VV uu$  (Окраска V)

F<sub>1</sub>:  $WW \underline{Vv} \underline{Uu}$  (Окраска U!)

F<sub>2</sub>:  $9WW V- U-$  (Окраска U) :  $3WW vv U-$  (Белые) :  $3WW V- uu$  (Окраска V) :

1  $WW vv uu$  (Белые).

Получилось типичное расщепление как при дигибридном скрещивании. Единственная поправка – белыми оказались также и двойные гомозиготы  $vv uu$ .

Таким образом, если мы имеем дело с промежуточным продуктом биосинтеза, то при скрещивании белых растений с окрашенными окраска в первом поколении не совпадает с окраской ни одного из родителей. Во втором поколении будет расщепление по двум генам. У потомков F<sub>2</sub> присутствуют все окраски, которые наблюдались у родителей и первого поколения гибридов.

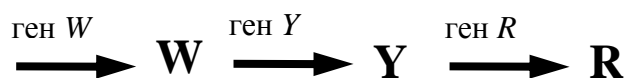
## Этап 2. Поиск соответствия результатов скрещивания линейной модели.

Теперь найдём все варианты скрещивания из таблицы, которые подходят под линейную модель биосинтеза. Сначала проанализируем все случаи моногибридного скрещивания.

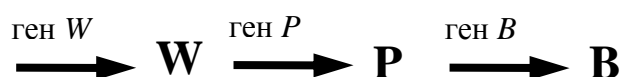
Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые $\times$ Пурпурные	Все синие	9 синие : 4 белые : 3 пурпурные
<b>Белые <math>\times</math> Красные</b>	<b>Все красные</b>	<b>3 красные : 1 белые</b>
Белые $\times$ Жёлтые	Все красные	9 красные : 4 белые : 3 жёлтые
<b>Белые <math>\times</math> Синие</b>	<b>Все синие</b>	<b>3 синие : 1 белые</b>
Пурпурные $\times$ Красные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 9 красные : 9 пурпурно-красные : 9 синие : 4 белые : 3 пурпурные : 3 красные
Пурпурные $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	Тетрагибридное расщепление со всеми возможными сочетаниями генотипов и фенотипов
<b>Пурпурные <math>\times</math> Синие</b>	<b>Все синие</b>	<b>3 синие : 1 пурпурные</b>
<b>Красные <math>\times</math> Жёлтые</b>	<b>Все красные</b>	<b>3 красные : 1 жёлтые</b>
Красные $\times$ Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 белые
Жёлтые $\times$ Синие	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 13 белые : 9 красные : 9 синие : 3 синие : 3 жёлтые



Из условия (W – предшественник всех пигментов) и из представленных данных скрещивания следует, что красный пигмент получается и из вещества W, и из вещества Y (жёлтые).



В цепочке биосинтеза перед синим пигментом В также присутствует вещество Р (пурпурные) и W.



Теперь найдём все варианты дигибридных скрещиваний, в которых 1) новая окраска не появляется и 2) соотношение фенотипов 9 : 4 : 3.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые × Пурпурные	Все синие	9 синие : 4 белые : 3 пурпурные
Белые × Красные	Все красные	3 красные : 1 белые
Белые × Жёлтые	Все красные	9 красные : 4 белые : 3 жёлтые
Белые × Синие	Все синие	3 синие : 1 белые
Пурпурные × Красные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 9 красные : 9 пурпурно-красные : 9 синие : 4 белые : 3 пурпурные : 3 красные
Пурпурные × Жёлтые	Все фиолетовые	Тетрагибридное расщепление со всеми возможными сочетаниями генотипов и фенотипов
Пурпурные × Синие	Все синие	3 синие : 1 пурпурные
Красные × Жёлтые	Все красные	3 красные : 1 жёлтые
Красные × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 белые
Жёлтые × Синие	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 13 белые : 9 красные : 9 синие : 3 синие : 3 жёлтые

Этим условиям удовлетворяют только скрещивания (Белые × Пурпурные) и (Белые × Жёлтые), которые ещё раз подтверждают, что вещество W является предшественником как для пурпурного, так и для жёлтого пигмента. Оба эти пигмента – промежуточные продукты в биосинтезе.

### Этап 3. Составление модели развилки путей биосинтеза.

В некоторых скрещиваниях возникает окраска, которой не было ни у одной из родительских форм. В частности, в первом и втором поколении присутствуют растения с фиолетовыми лепестками. Логично предположить, что такую окраску может давать сочетание пигментов.

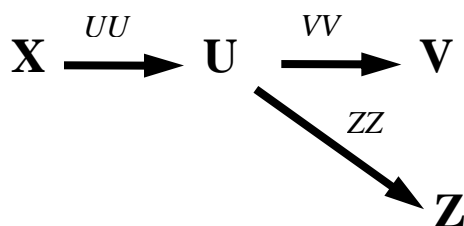
Например:

фиолетовый = красный + синий

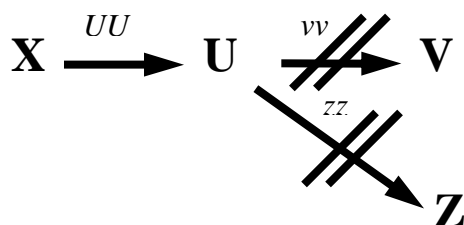
пурпурно-красный = красный + пурпурный

Пигменты могут сочетаться только в одном случае – если они принадлежат разным цепочкам биосинтеза (по условию промежуточные продукты не накапливаются!).

Это означает, что в пути биосинтеза есть разветвление: из одного и того же исходного вещества может получиться не один, а несколько продуктов.  
Рассмотрим простейшую развилку, когда из одного предшественника может синтезироваться два вещества.



Если все гены представлены доминантными (функциональными) аллелями, то возникает сочетание цветов V и Z. Теперь, чтобы получить окраску U, необходимо прервать не одну, а две биохимические реакции. Это возможно при генотипе  $UU\ vv\ zz$ .



Предположим, что мы скрещиваем растения с окрасками U и X:

P:  $uu\ VV\ ZZ$  (окраска X)  $\times$   $UU\ vv\ zz$  (окраска U)

F<sub>1</sub>:  $Uu\ Vv\ Zz$  (окраска V + Z)

Т. е. в первом поколении будет происходить активация обеих ветвей биосинтеза!

F<sub>2</sub> даст довольно много сочетаний аллелей:  $27\ U-V-Z$  :  $9\ uu\ V-Z-$  :  $9\ U-vvZ-$  :  $9\ U-V-zz$  :

$3\ uuV-zz$  :  $3\ uuvvZ-$  :  $3\ U-vvzz$  :  $1\ uuvvzz$ . Самый большой класс потомков – это со смешанной окраской, характерной для конечных продуктов в обеих цепочках биосинтеза.

Если анализируются предшественник и продукт, которые оказались в одной цепочке (как вещества X и U), то все гомозиготы  $uu$  будут иметь окраску X. Таких окажется  $9\ uu\ V-Z-$  +  $3\ uuV-zz$  +  $3\ uuvvZ-$  +  $1\ uuvvzz = 16$ , т. е., 25% от общего числа потомков (фактически 3 [прочих] : 1 [окраска X]), что мы видели, обсуждая линейную последовательность. Если же отношения (предшественник  $\rightarrow$  продукт) между обсуждаемыми веществами нет, то картина расщепления может оказаться более сложной.

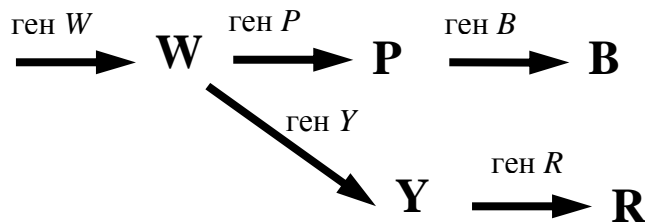
#### Этап 4. Поиск соответствия результатов скрещивания разветвлённой модели.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые $\times$ Пурпурные	Все синие	9 синие : 4 белые : 3 пурпурные
Белые $\times$ Красные	Все красные	3 красные : 1 белые
Белые $\times$ Жёлтые	Все красные	9 красные : 4 белые : 3 жёлтые
Белые $\times$ Синие	Все синие	3 синие : 1 белые
Пурпурные $\times$ Красные	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 9 красные : 9 пурпурно-красные : 9 синие : 4 белые : 3 пурпурные : 3 красные
Пурпурные $\times$ Жёлтые	Все фиолетовые	Тетрагибридное расщепление со всеми возможными сочетаниями генотипов и фенотипов
Пурпурные $\times$ Синие	Все синие	3 синие : 1 пурпурные

Красные × Жёлтые	Все красные	3 красные : 1 жёлтые
Красные × Синие	Все фиолетовые	9 фиолетовые : 3 красные : 3 синие : 1 белые
Жёлтые × Синие	Все фиолетовые	27 фиолетовые : 13 белые: 9 красные : 9 синие : 3 синие : 3 жёлтые

Результаты скрещивания явно свидетельствуют о развилках. При этом отношение (предшественник → продукт), судя по расщеплению, не наблюдается ни в одном из тригибридных случаев. Между пурпурным и красным пигментом, по-видимому, есть развилка, но ни один из них не может расцениваться как предшественник другого. То же можно сказать и о другой паре веществ: Y и B.

Теперь мы можем составить полную схему биохимических превращений.



### Этап 5. Генотипы родительских растений

Исходя из условия задачи, генотипы нужно составить так, чтобы число мутантных аллелей было минимальным.

Чтобы лепестки оставались белыми, вещество W не должно превратиться ни в Y, ни в P.

**Генотип белых растений:  $WW\ yy\ pp\ RR\ BB$ .**

Чтобы образовался только жёлтый пигмент, ген Y должен быть представлен доминантным аллелем. Но жёлтый пигмент не должен превращаться в красный. Также не должно быть пурпурного пигмента.

**Генотип жёлтых растений:  $WW\ YY\ pp\ rr\ BB$ .**

Чтобы образовался только пурпурный пигмент, вещество P не должно превратиться в B.

Ген P должен быть представлен доминантным аллелем. Жёлтая ветвь биосинтеза также не должна работать.

**Генотип пурпурных растений:  $WW\ yy\ PP\ RR\ bb$ .**

Чтобы лепестки были синими, все ферменты в цепочке между W и B должны работать, а жёлтая ветвь биосинтеза также не должна работать.

**Генотип синих растений:  $WW\ yy\ PP\ RR\ BB$ .**

Рассуждая аналогично, можно предложить

**Генотип красных растений:  $WW\ YY\ pp\ RR\ BB$ .**

### Этап 6.

Теперь нужно подобрать пару генотипов родительских растений с белыми лепестками, у которых все потомки первого поколения будут синими.

Для получения синей окраски необходимы аллели *P* и *R*, но жёлтый пигмент не должен образоваться.

Таким условиям удовлетворяет генотип *W- уу P- B- rr*.

Одного из родителей с белыми лепестками легко предложить. Достаточно прервать биосинтез между *W* и *P*.

***WW уу pp BB rr***

У второго родителя должен присутствовать аллель *P* (иначе у потомков не будет синтезироваться пурпурный, а из него – синий пигмент). Но, в то же время, лепестки должны остаться белыми! Это возможно в том случае, если не синтезируется исходное вещество *W* (лепестки также будут белыми – ведь ни один из пигментов не может образоваться без *W*).

***ww уу PP BB rr***

**P: *WW уу pp BB rr* (Белые) × *ww уу PP BB rr* (Белые)**

**F<sub>1</sub>: *Ww уу Pp BB rr* (Синие)**

**F<sub>2</sub>: 9 *W- уу P- BB rr* (Синие) : 3 *ww уу P- BB rr* (Белые) : 3 *W- уу pp BB rr* (Белые) :**

**1 *ww уу pp BB rr* (Белые)**

Итого: 9 синие : 7 белые/