

Задания отборочного этапа олимпиады «Ломоносов»

2025-2026 по биологии 11 класс

По 1 баллу за каждый правильный ответ. Всего за тесты 20 баллов

1-1. На рисунках изображены побеги четырех видов высших растений. Рассмотрев картинку, определите, какой тип листорасположения характерен для каждого вида.



А Трясу́нка средняя



Б Хвощ луговой



В Чина весенняя



Г Вероника дубравная

А – II; Б – III; В – I; Г – I

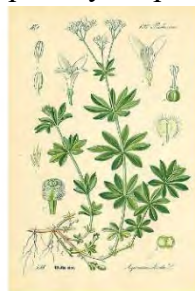
А – III; Б – II; В – I; Г – II

А – I; Б – II; В – I; Г – II

А – I; Б – III; В – I; Г – II

- I Очередное
- II Супротивное
- III Мутовчатое

1-2. На рисунках изображены побеги четырех видов высших растений. Рассмотрев картинку, определите, какой тип листорасположения характерен для каждого вида.



А Подмаренник мягкий



Б Чина весенняя



В Мыльнянка лекарственная



Г Купальница европейская

А – III; Б – I; В – II; Г – I

А – II; Б – I; В – II; Г – I

А – I; Б – I; В – II; Г – II

А – III; Б – II; В – II; Г – I

- I Очередное
- II Супротивное
- III Мутовчатое

1-3. На рисунках изображены побеги четырех видов высших растений. Рассмотрев картинку, определите, какой тип листорасположения характерен для каждого вида.



**А** Купальница европейская **Б** Клевер полевой

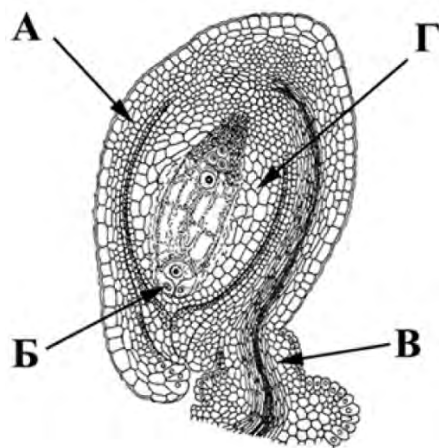


**В** Вероника дубравная **Г** Хвощ луговой

- I** Очередное
- II** Супротивное
- III** Мутовчатое

- А – I; Б – I; В – II; Г – III**
- А – II; Б – I; В – III; Г – I**
- А – I; Б – III; В – II; Г – I**
- А – I; Б – II; В – II; Г – III**

2-1. На рисунке ниже изображен продольный срез семязачатка смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh), а ниже даны названия подписанных структур. Укажите, какой набор хромосом несут клетки каждой из данных структур.

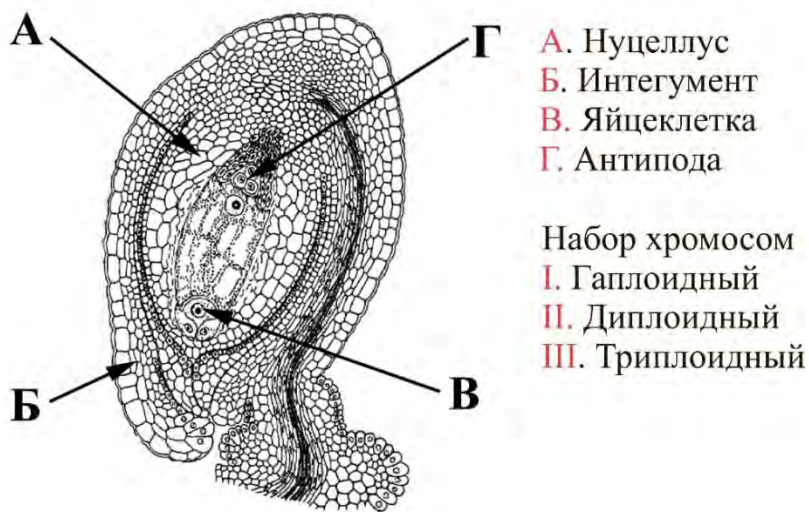


- А.** Интегумент
- Б.** Синергида
- В.** Нуцеллус
- Г.** Фуникулус

- Набор хромосом
- I.** Гаплоидный
- II.** Диплоидный
- III.** Триплоидный

- А – II; Б – I; В – II; Г – II**
- А – III; Б – II; В – II; Г – I**
- А – II; Б – II; В – II; Г – I**
- А – I; Б – I; В – II; Г – II**

2-2. На рисунке ниже изображен продольный срез семязачатка смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh), а ниже даны названия подписанных структур. Укажите, какой набор хромосом несут клетки каждой из данных структур.



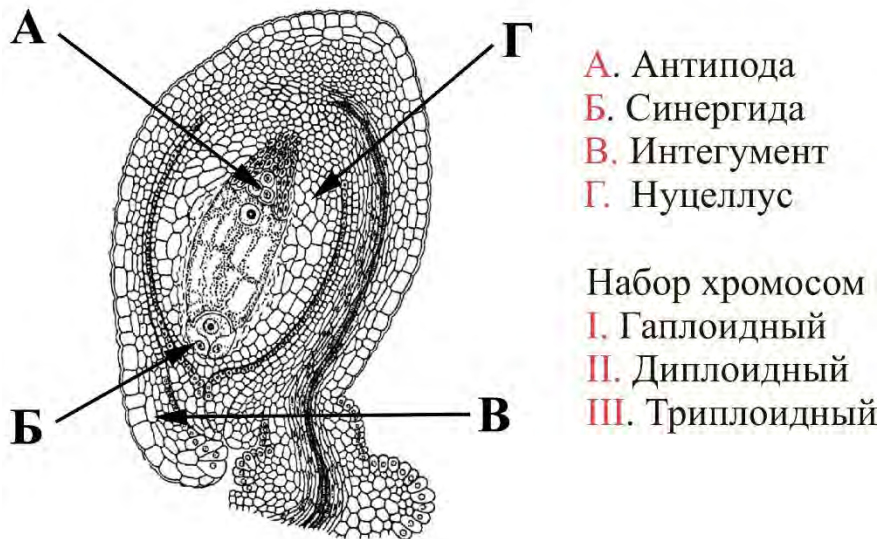
**A – II; Б – II; В – I; Г – I**

A – I; Б – III; В – I; Г – I

A – I; Б – II; В – II; Г – I

A – III; Б – II; В – I; Г – II

2-3. На рисунке ниже изображен продольный срез семязачатка смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh), а ниже даны названия подписанных структур. Укажите, какой набор хромосом несут клетки каждой из данных структур.



**A – I; Б – I; В – II; Г – II**

A – II; Б – I; В – III; Г – I

A – II; Б – II; В – II; Г – I

A – I; Б – III; В – II; Г – I

3-1. Перед Вами изображения цветков, сгенерированные нейросетью. Несмотря на то, что эти растения не существуют в реальности, строение их цветков можно описать с помощью формулы. Для изображения под буквой А выберите формулу цветка, наиболее точно описывающую его строение.



\*P<sub>12</sub>A<sub>∞</sub>

\*P<sub>5</sub>A<sub>8</sub>G<sub>(3)</sub>

\*K<sub>4</sub>C<sub>4</sub>A<sub>4</sub>G<sub>(3)</sub>

\*K<sub>6</sub>C<sub>6</sub>A<sub>∞</sub>G<sub>4</sub>

3-2. Перед Вами изображения цветков, сгенерированные нейросетью. Несмотря на то, что эти растения не существуют в реальности, строение их цветков можно описать с помощью формулы. Для изображения под буквой В выберите формулу цветка, наиболее точно описывающую его строение.

\*P<sub>12</sub>A<sub>∞</sub>

\*P<sub>5</sub>A<sub>8</sub>G<sub>(3)</sub>

\*K<sub>4</sub>C<sub>4</sub>A<sub>4</sub>G<sub>(3)</sub>

\*K<sub>6</sub>C<sub>6</sub>A<sub>∞</sub>G<sub>4</sub>

3-3. Перед Вами изображения цветков, сгенерированные нейросетью. Несмотря на то, что эти растения не существуют в реальности, строение их цветков можно описать с помощью формулы. Для изображения под буквой Г выберите формулу цветка, наиболее точно описывающую его строение.

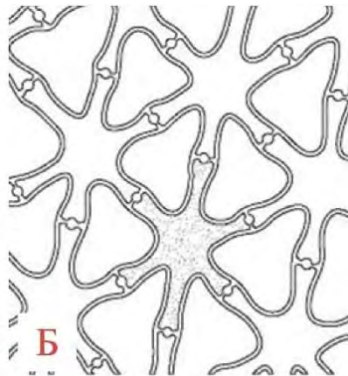
\*P<sub>12</sub>A<sub>∞</sub>

\*P<sub>5</sub>A<sub>8</sub>G<sub>(3)</sub>

\*K<sub>4</sub>C<sub>4</sub>A<sub>4</sub>G<sub>(3)</sub>

\*K<sub>6</sub>C<sub>6</sub>A<sub>∞</sub>G<sub>4</sub>

4-1. Укажите название растительной ткани, к которой принадлежат клетки, изображенные на рисунке под буквой А.



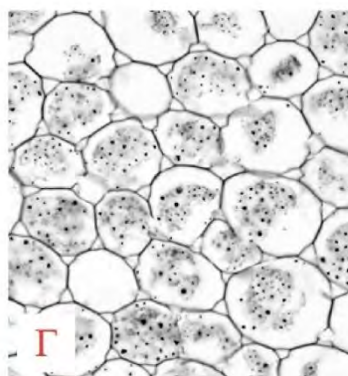
Аэренхима  
Склеренхима  
Паренхима  
Эпидерма

**Ответ:**

А – IV

В – II

Г – III



4-2. Укажите название растительной ткани, к которой принадлежат клетки, изображенные на рисунке под буквой В.

4-3. Укажите название растительной ткани, к которой принадлежат клетки, изображенные на рисунке под буквой Г.

5-1. На картинках изображены плоды (семена, соплодия и т.д.) различных видов цветковых растений. Обратив внимание на особенности их строения, определите, какой способ распространения диаспор характерен вида на фотографии под буквой Б.

5-2. На картинках изображены плоды (семена, соплодия и т.д.) различных видов цветковых растений. Обратив внимание на особенности их строения, определите, какой способ распространения диаспор характерен вида на фотографии под буквой В.

5-3. На картинках изображены плоды (семена, соплодия и т.д.) различных видов цветковых растений. Обратив внимание на особенности их строения, определите, какой способ распространения диаспор характерен вида на фотографии под буквой А.



**Способ распространения диаспор:**

- I.** Автохория
- II.** Анемохория
- III.** Эндозоохория
- IV.** Эпизоохория

**Ответ:**

- А – III
- Б – IV
- В – I

6-1. В садовой практике для растений с особенно привлекательным цветением часто используется термин «махровость», у которого нет точного научного значения. В каждом случае повышение привлекательности может быть связано с разными морфологическими изменениями. На фото ниже представлены нормальное и «махровое» растения. Чем вызвана махровость в данном случае?



**Махровый**

**Немахровый**

- b. расщеплением лепестков на длинные лопасти
- d. увеличением числа брактеев (прицветников)
- e. увеличением числа стерильных цветков
- f. увеличением числа кругов лепестков (с сохранением тычинок)
- g. **увеличением числа женских цветков**

6-2. В садовой практике для растений с особенно привлекательным цветением часто используется термин «махровость», у которого нет точного научного значения. В каждом случае повышение привлекательности может быть связано с разными морфологическими изменениями. На фото ниже представлены нормальное и «махровое» растения. Чем вызвана махровость в данном случае?



## Махровый

- увеличением числа кругов лепестков (с сохранением тычинок)
- полной заменой тычинок на лепестки (с увеличением числа кругов лепестков)
- увеличением числа стерильных цветков
- увеличением числа бракт (прицветников)**
- увеличением числа лепестков в круге
- рассечением лепестков на длинные лопасти

## Немахровый

6-3. В садовой практике для растений с особенно привлекательным цветением часто используется термин «махровость», у которого нет точного научного значения. В каждом случае повышение привлекательности может быть связано с разными морфологическими изменениями. На фото ниже представлены нормальное и «махровое» растения. Чем вызвана махровость в данном случае?



## Махровый

## Немахровый

- увеличением числа женских цветков**
- полной заменой тычинок на лепестки (с увеличением числа кругов лепестков)

увеличением числа брактей (прицветников)  
расширением лепестков и появлением многочисленных складок  
увеличением числа лепестков в круге

7-1. Волны выбрасывают на берег различных морских обитателей. На данной фотографии стрелками указаны останки животных из четырёх разных типов. Из них обладают внутренним скелетом (таким, который образуется за счёт соединительной ткани):



все четыре животных

животные 1, 2 и 3

животные 1 и 2

животные 1, 2 и 4.

7-2

все четыре животных

животные 1 и 3

животные 1 и 2

животные 1 и 4.

7-3

все четыре животных

животные 1, 3 и 4

животные 1 и 2

животные 3 и 4.

8-1. У одного из насекомых, представленных на фотографиях, хоботок не предназначен для питания жидкой пищей. Это насекомое под номером:



1  
2  
3  
4

8-2. У одного из насекомых, представленных на фотографиях, хоботок не предназначен для питания жидкой пищей. Это насекомое под номером:



1  
2  
3  
4

8-3. У одного из насекомых, представленных на фотографиях, хоботок не предназначен для питания жидкой пищей. Это насекомое под номером:



1  
2  
3  
4

9-1. Кто из перечисленных птиц является дуплогнездником?

обыкновенная иволга  
лысуха  
большая синица  
чомга

9-2. Кто из перечисленных птиц является дуплогнезником?

мухоловка-пеструшка

обыкновенный перепел

обыкновенная гага

славка черноголовка

9-3. Кто из перечисленных птиц является дуплогнезником?

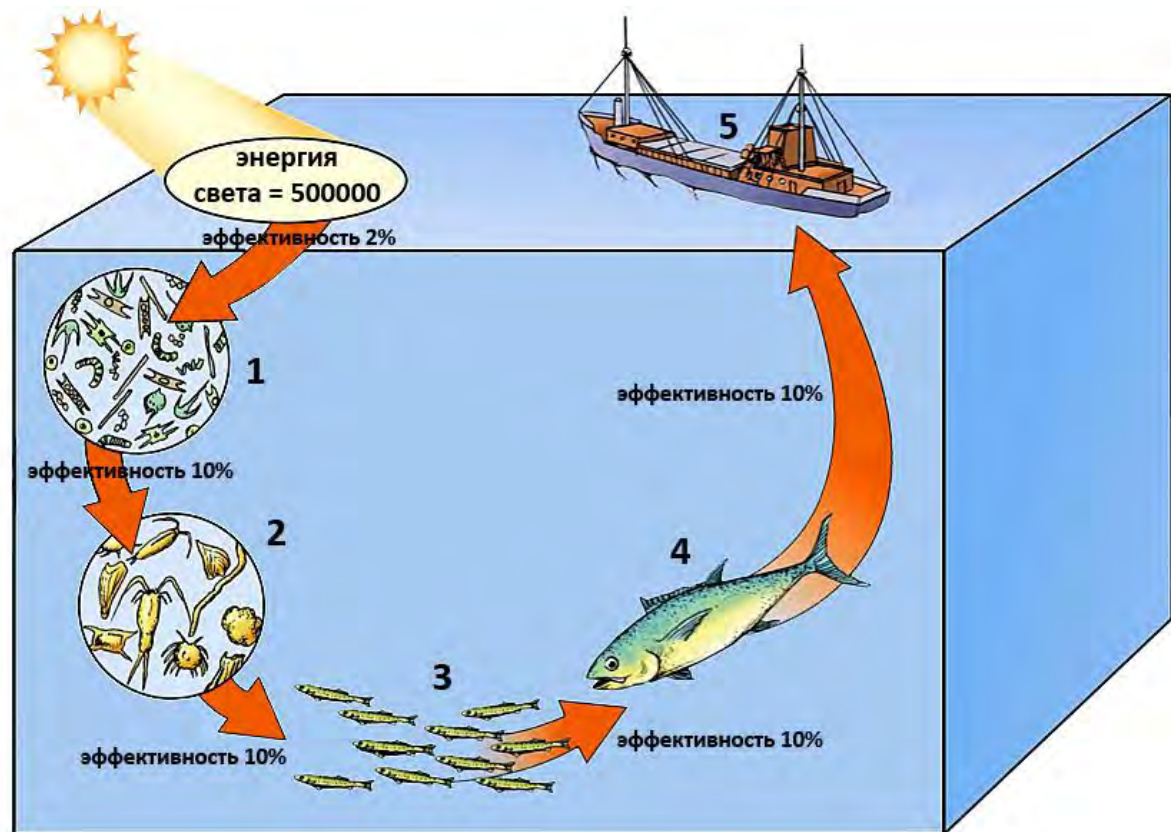
обыкновенная камышница

желна

крапивник

серая цапля

10-1. Рассмотрите схему пищевой цепи. Цифрами обозначены трофические уровни. Указана эффективность переноса энергии на следующий уровень. Если принять, что поступило 500 000 условных единиц солнечной энергии и произошла вспышка численности медуз, уничтоживших  $\frac{3}{4}$  зоопланктона, то сколько условных единиц энергии поступит на 4-й трофический уровень в такой пищевой цепи? Выберите верный ответ:



25

375

7,5

2,5

10-2. Рассмотрите схему пищевой цепи. Цифрами обозначены трофические уровни. Указана эффективность переноса энергии на следующий уровень. Если принять, что поступило 500 000 условных единиц солнечной энергии и произошла вспышка численности медуз,

уничтоживших  $\frac{3}{5}$  зоопланктона, то сколько условных единиц энергии поступит на 4-й трофический уровень в такой пищевой цепи? Выберите верный ответ:

100

25

40

4

10-3. Рассмотрите схему пищевой цепи. Цифрами обозначены трофические уровни. Указана эффективность переноса энергии на следующий уровень. Если принять, что поступило 500 000 условных единиц солнечной энергии и произошла вспышка численности медуз, уничтоживших  $\frac{2}{5}$  зоопланктона, то сколько условных единиц энергии поступит на 4-й трофический уровень в такой пищевой цепи? Выберите верный ответ:

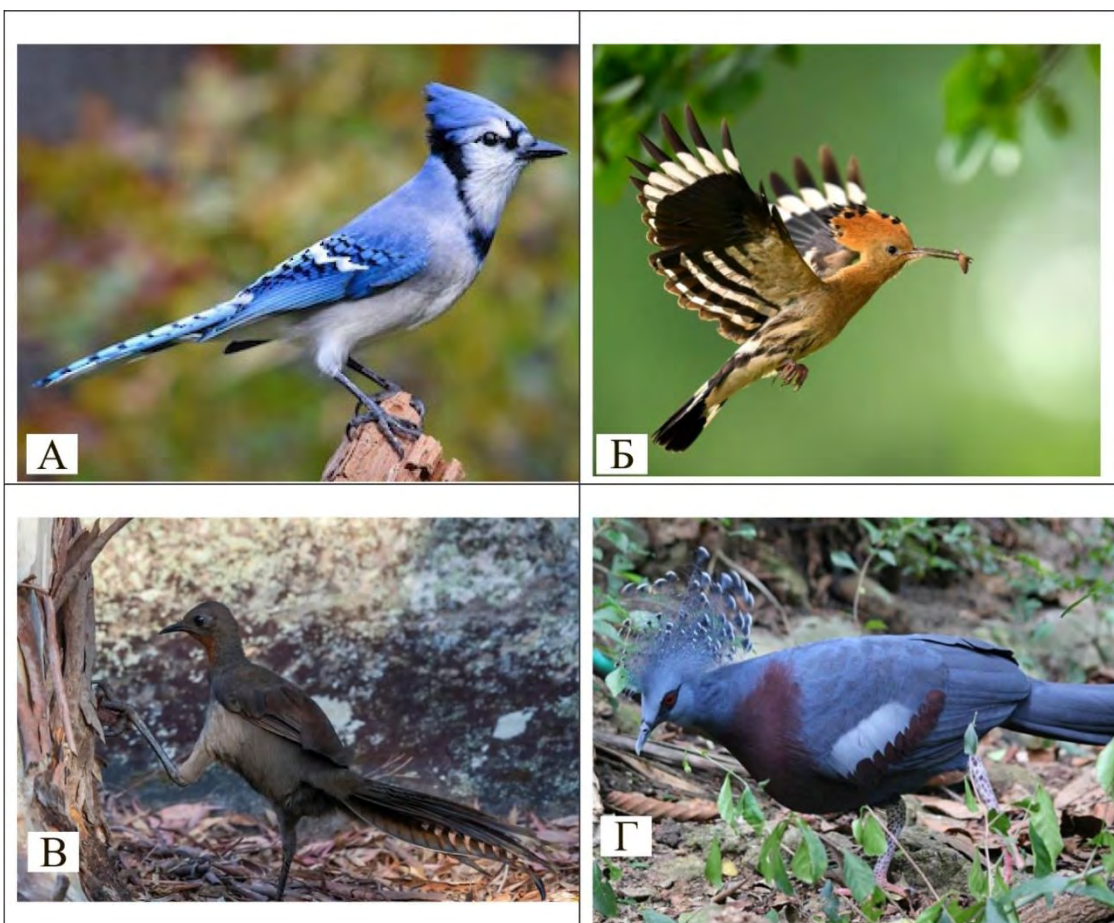
25

10

60

6

11-1. Какое животное, из представленных на фотографиях, встречается на территории России?

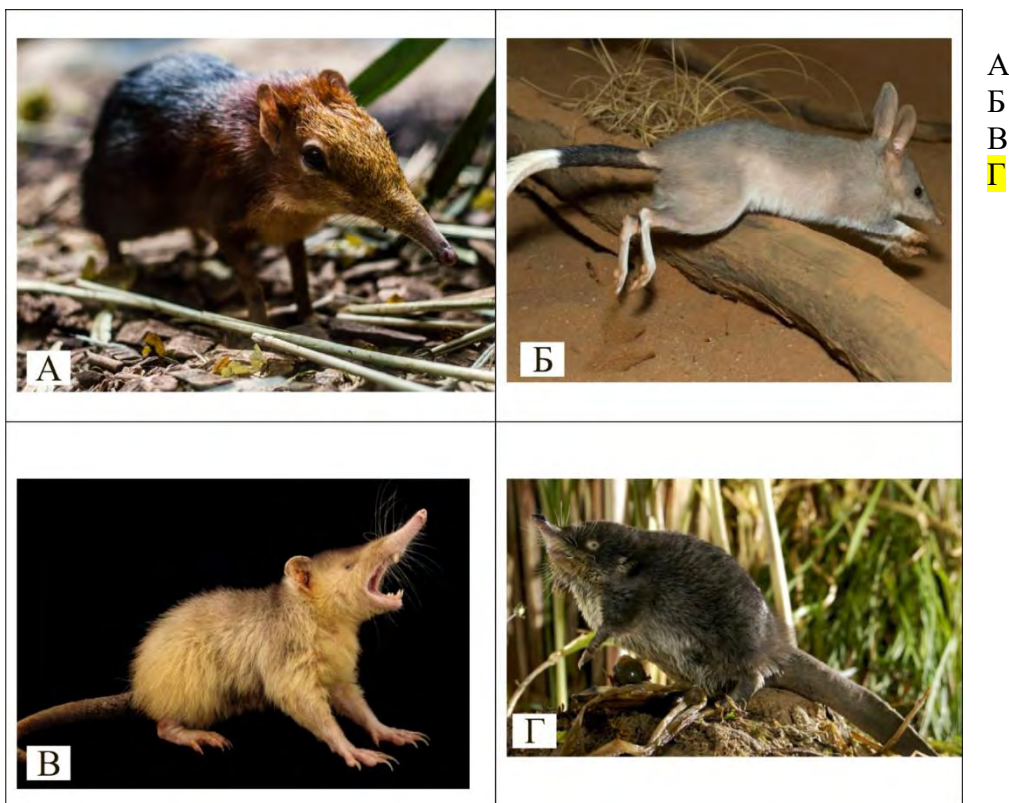


А  
Б  
В  
Г

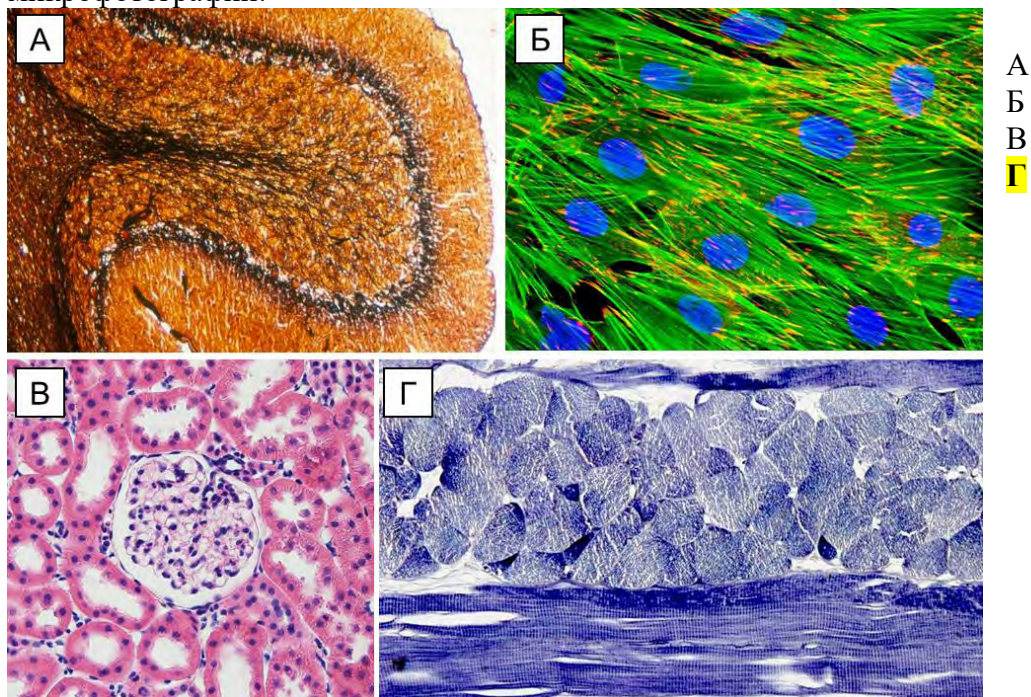
11-2. Какое животное, из представленных на фотографиях, встречается на территории России?



11-2. Какое животное, из представленных на фотографиях, встречается на территории России?

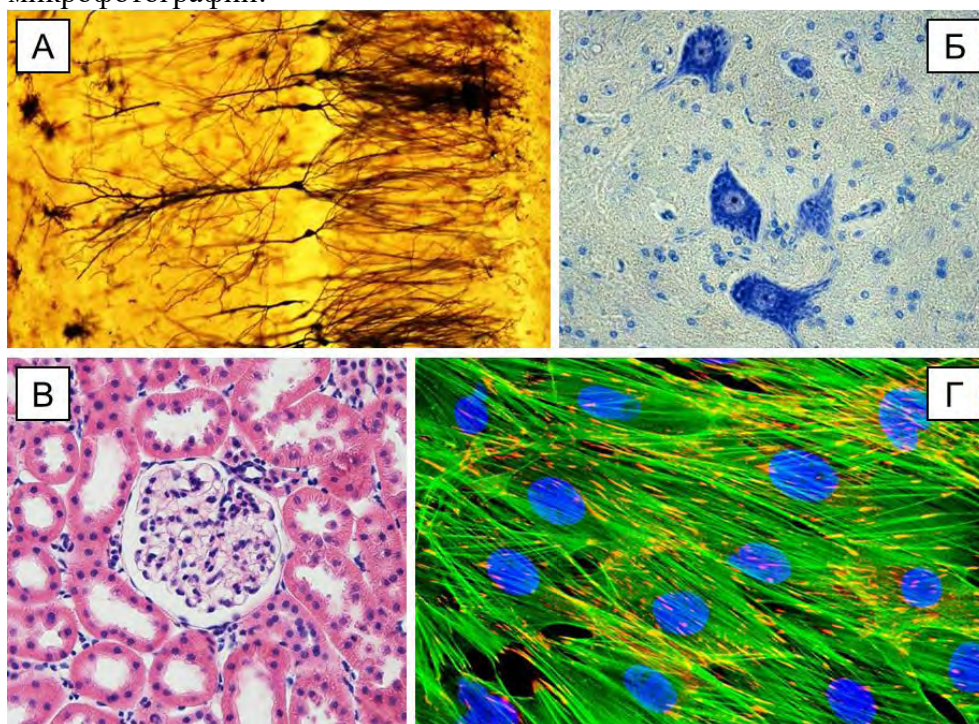


12-1. При окрашивании железным гематоксилином используют растворы красителя (гематоксилина) и соли железа. Этот метод окрашивания гистологических препаратов применяют для изучения деталей строения мышечных волокон и выявления границ клеток. Препарат, полученный при окрашивании железным гематоксилином, представлен на микрофотографии:



А  
Б  
В  
Г

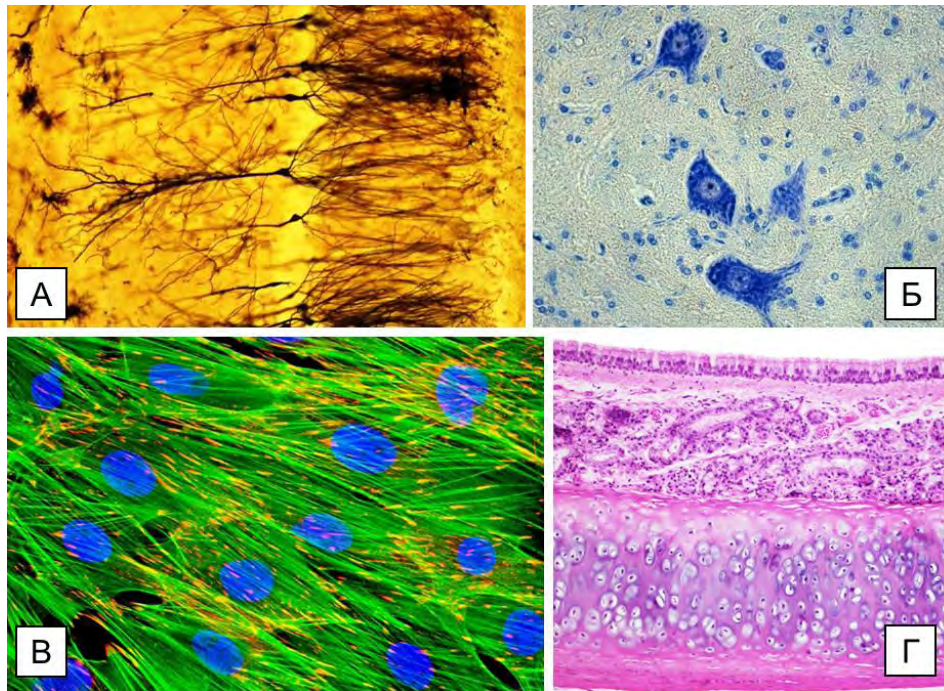
12-2. При морфологических исследованиях нервной ткани применяют разные методы окрашивания. Один из них – это метод Гольджи. При его использовании прокрашиваются лишь отдельные нейроны, менее 1% от их общего числа. При этом каждый помеченный нейрон окрашивается целиком, позволяя исследователю увидеть его тело и все отростки. Препарат, полученный при окрашивании по методу Гольджи, представлен на микрофотографии:



А  
Б  
В  
Г

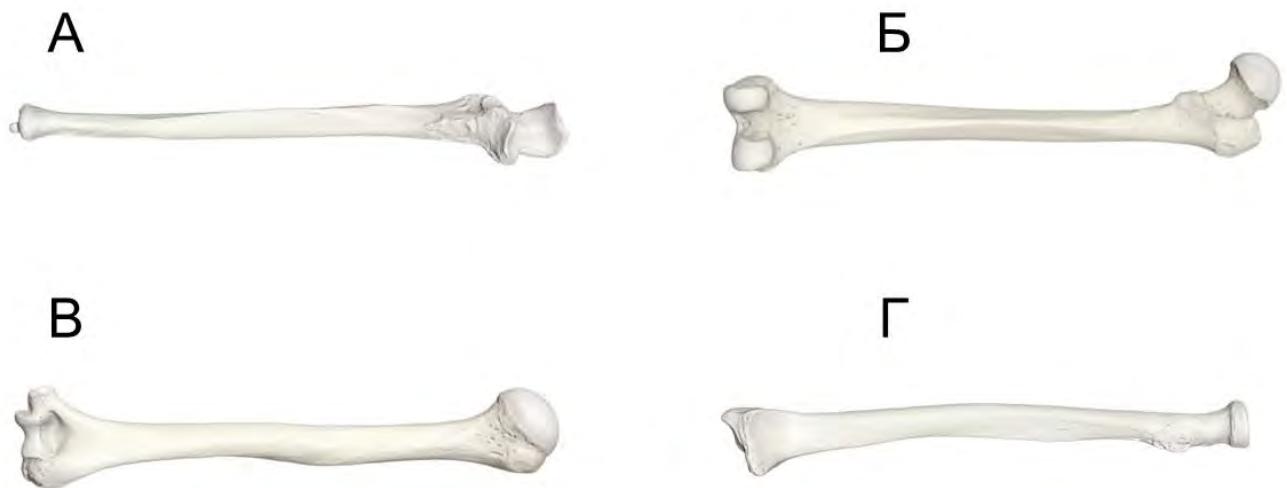
12-3. При морфологических исследованиях нервной ткани применяют разные методы окрашивания. Один из них – это метод Ниссля. В этом случае окрашивание нервной ткани проводят с использованием анилиновых красителей (метиленовый синий, тионин и др.). Метод Ниссля позволяет выявлять нейроны, ядра клеток и так называемую субстанцию Ниссля – цистерны гранулярной эндоплазматической сети. Препарат, полученный при

окрашивании по методу Ниссля, представлен на микрофотографии:



А  
Б  
В  
Г

13-1. Большинство костей на рисунке относятся к одному и тому же отделу. Какая из костей лишняя?



А  
Б  
В  
Г

13-2. Большинство костей на рисунке относятся к одному и тому же отделу. Какая из костей лишняя?

А



Б



В



Г



А

Б

В

**Г**

13-3. Большинство костей на рисунке относятся к одному и тому же отделу. Какая из костей лишняя?

А



Б



В



Г



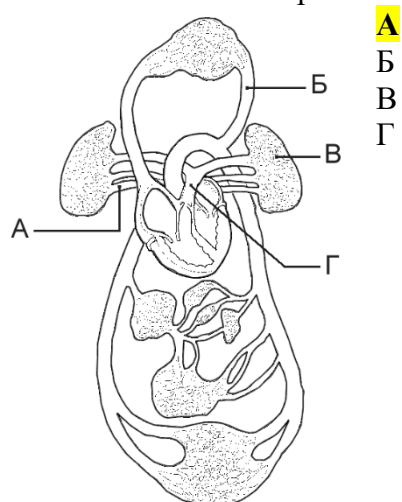
А

Б

**В**

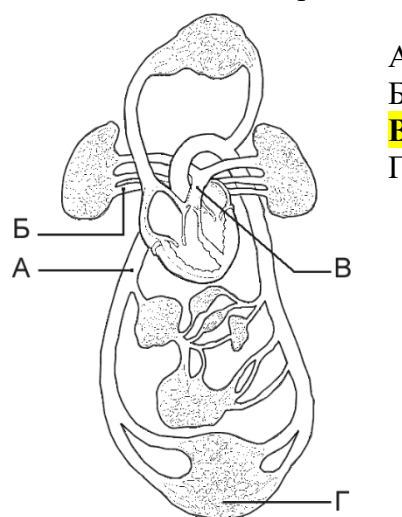
Г

14-1. В какой части кровеносного русла давление крови самое низкое?



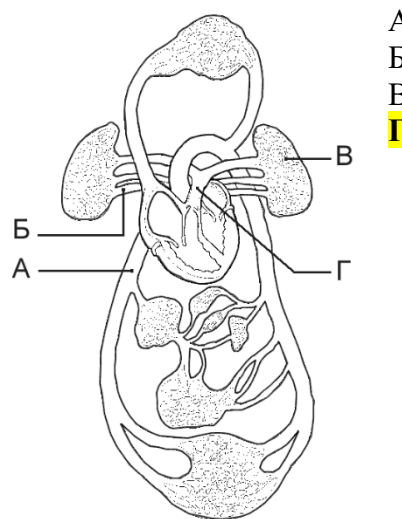
**A**  
Б  
В  
Г

14-2. В какой части кровеносного русла давление крови самое высокое?



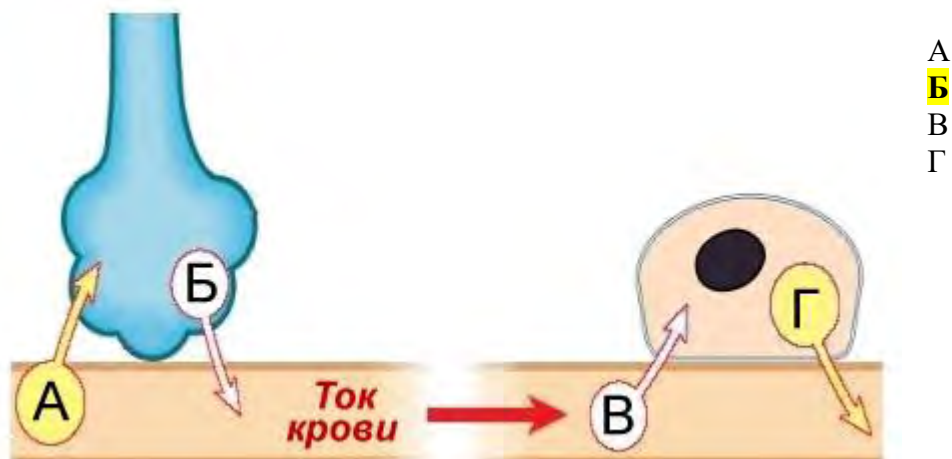
А  
Б  
**В**  
Г

14-3. В какой части кровеносного русла скорость движения крови самая высокая?

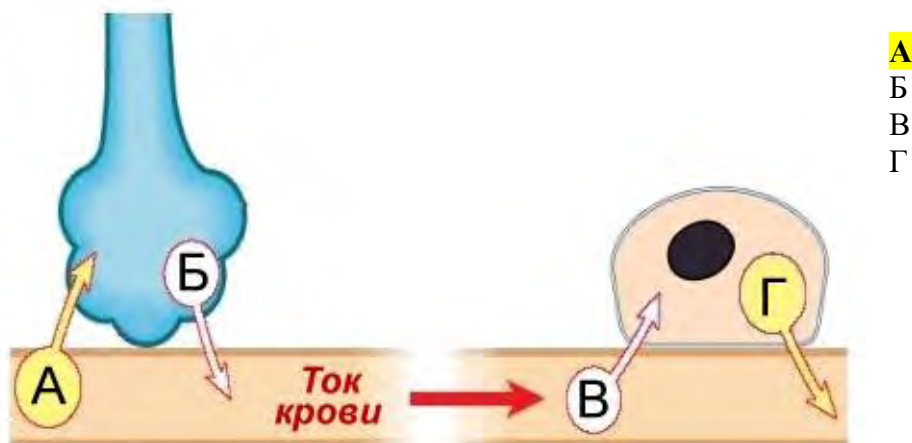


А  
Б  
В  
**Г**

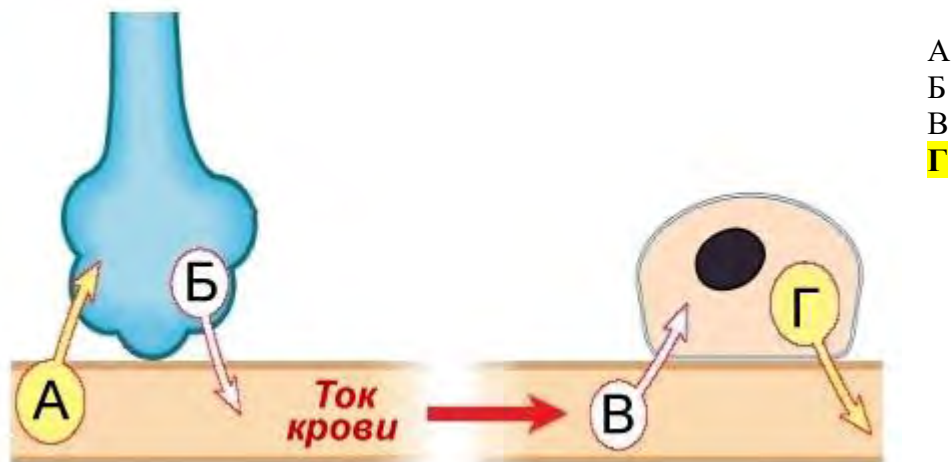
15-1. Используя рисунок, определите, в каком направлении диффундирует кислород в легких:



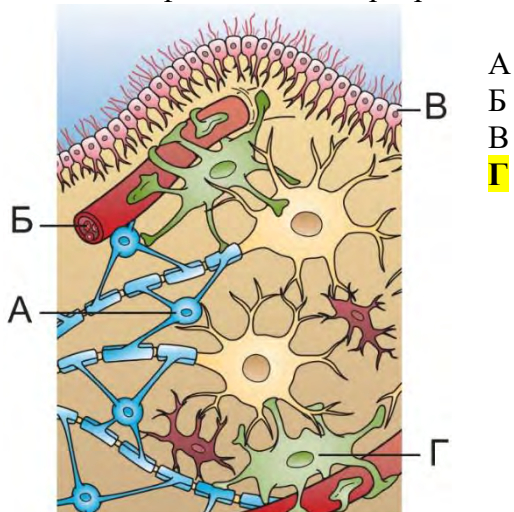
15-2. Используя рисунок, определите, в каком направлении диффундирует углекислый газ в легких:



15-3. Используя рисунок, определите, в каком направлении диффундирует углекислый газ в тканях:

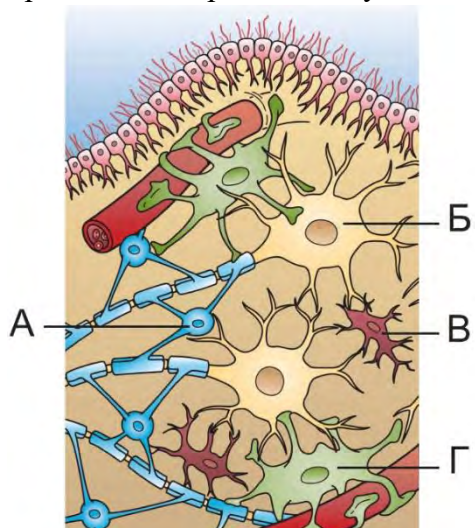


16-1. Какие из клеток, обозначенных на рисунке буквами, участвуют в создании гематоэнцефалического барьера?



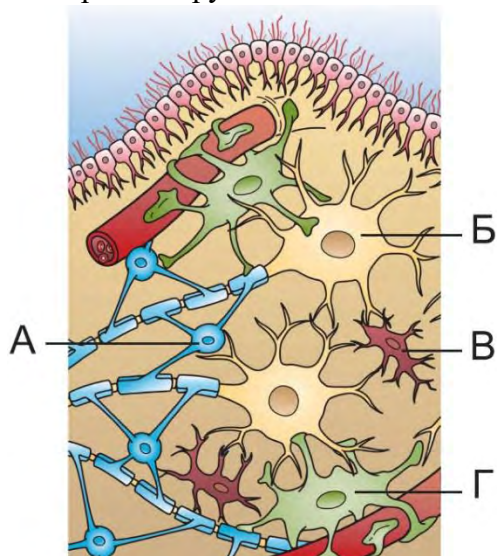
А  
Б  
В  
**Г**

16-2. Какие из клеток, обозначенных на рисунке буквами, участвуют в генерации и проведении нервного импульса?



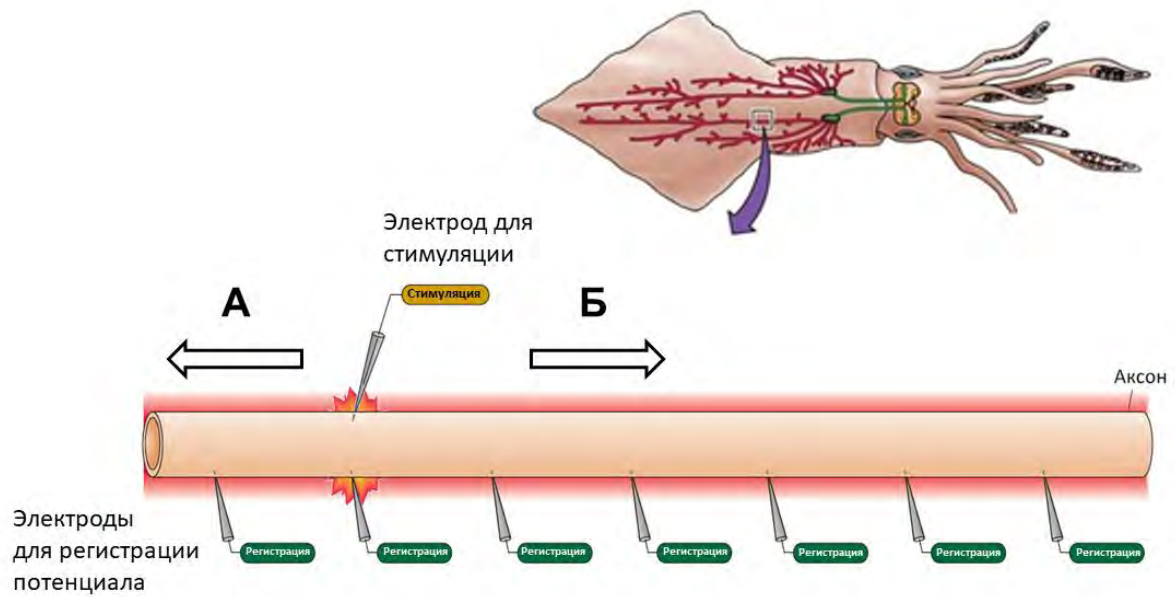
А  
**Б**  
В  
Г

16-3. Какие из клеток, обозначенных на рисунке буквами, участвуют в создании электроизолирующей миелиновой оболочки?



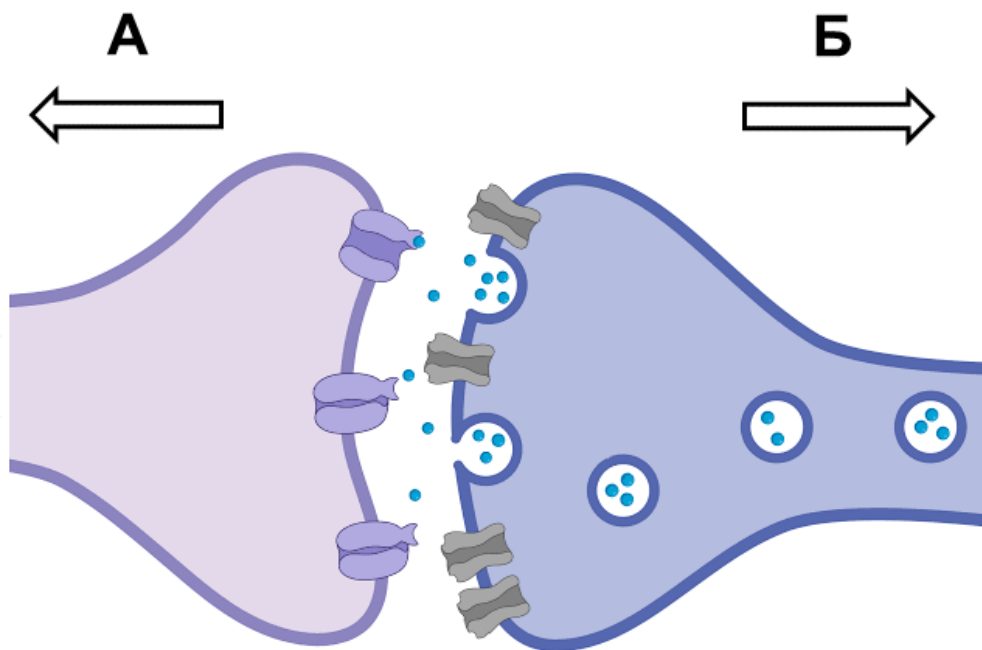
**А**  
Б  
В  
Г

17-1. Если среднюю часть гигантского аксона кальмара простимулировать подпороговым электрическим стимулом, в каком направлении будут идти нервные импульсы?



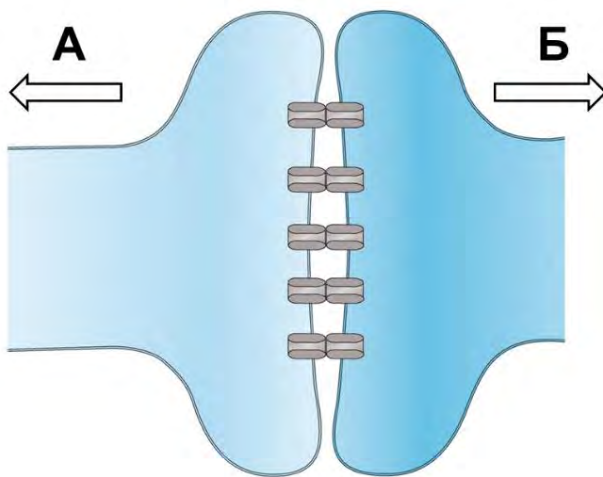
исключительно в направлении А  
исключительно в направлении Б  
и в направлении А, и в направлении Б  
**ни в одном из направлений**

17-2. Рассмотрите рисунок и определите, в каком направлении могут передаваться нервные импульсы:



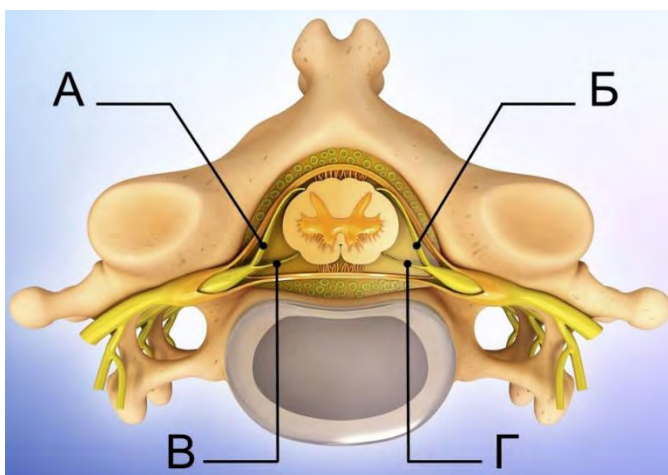
**исключительно в направлении А**  
исключительно в направлении Б  
и в направлении А, и в направлении Б  
направление будет меняться в зависимости от типа нейромедиатора

17-3. Рассмотрите рисунок и определите, в каком направлении могут передаваться нервные импульсы:



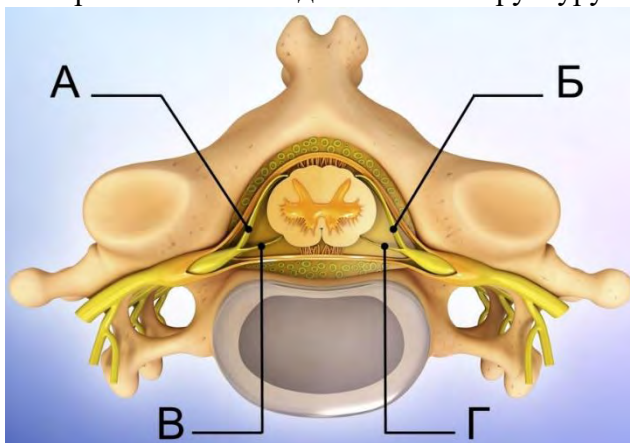
исключительно в направлении А  
исключительно в направлении Б  
и в направлении А, и в направлении Б  
ни в одном из направлений

18-1. Нарушение чувствительности на левой стороне тела будет наблюдаться в случае компрессионного воздействия на структуру:



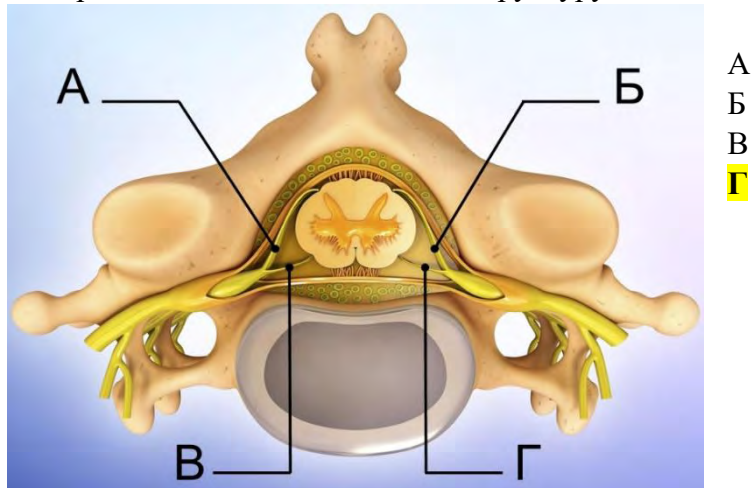
А  
**Б**  
В  
Г

18-2. Нарушение чувствительности на правой стороне тела будет наблюдаться в случае компрессионного воздействия на структуру:

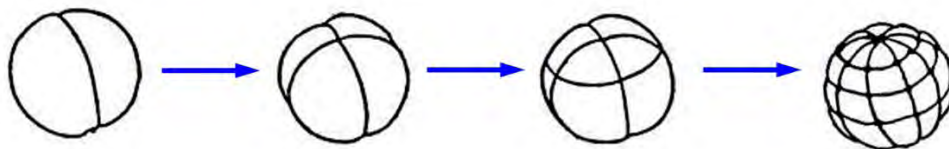


**А**  
Б  
В  
Г

18-3. Снижение силы мышц на левой стороне тела будет наблюдаться в случае компрессионного воздействия на структуру:



19-1 Какой тип дробления зиготы показан на рисунке?



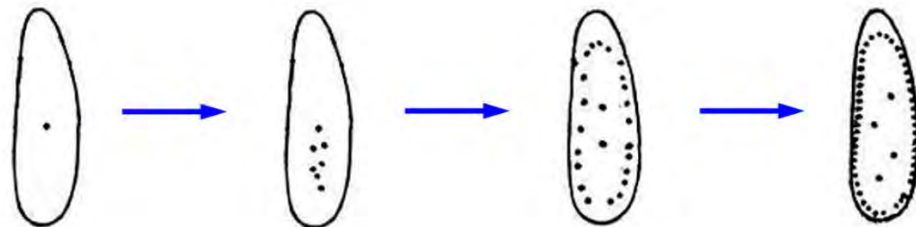
Поверхностное

**Спиральное**

Радиальное

Дискоидальное

19-2. Какой тип дробления зиготы показан на рисунке?



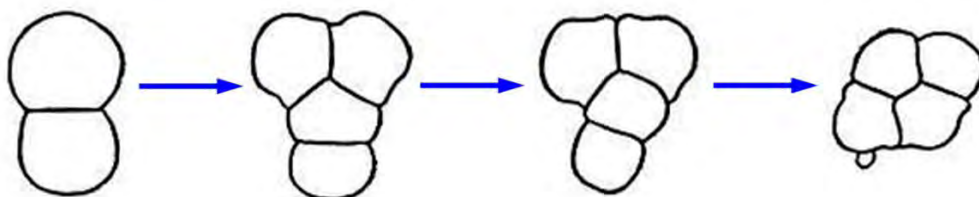
**Поверхностное**

Спиральное

Радиальное

Дискоидальное

19-2. Какой тип дробления зиготы показан на рисунке?



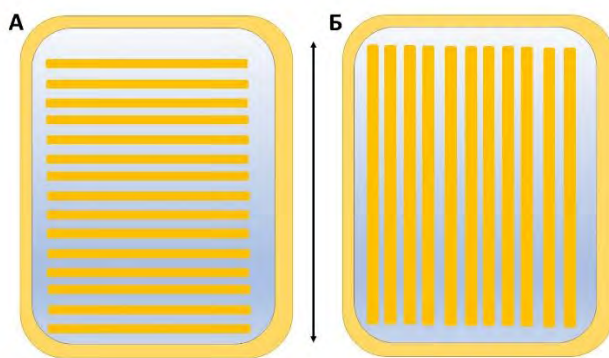
## Билатеральное

Спиральное

Радиальное

Дискоидальное

20-1. Для исследования роста гипокотилия в разных условиях освещения кресс-салат проращивали в темноте, под синими светодиодами и под белым широкополосным светом. Скорость роста у растений, росших под синим и белым светом, была одинаковой и отличалась от темнового варианта. Исследование распределения целлюлозных микрофибрилл в клетках гипокотилей показало, что в проростках, росших в темноте, микрофибриллы были ориентированы перпендикулярно длинной оси гипокотилия (рис. А), а у проростков на синем и белом свету – параллельно (рис. Б). Известно, что синтез целлюлозы осуществляется целлюлозо-синтазным комплексом, встроенным в плазмалемму. Целлюлоза откладывается с внешней стороны мембраны. Комплекс движется в плазматической мембране, направление его движения определяют микротрубочки, прилегающие с внутренней стороны мембраны. Гипокотили растений обработали токсином, вызывающим стабилизацию микротрубочек – при этом микротрубочки не разбираются и не собираются заново. Что произойдет, если растения, находящиеся под синими диодами, перенести в темноту?



*Ориентация целлюлозных микрофибрилл в клетках гипокотилия. Стрелкой показана длинная ось гипокотилия.*

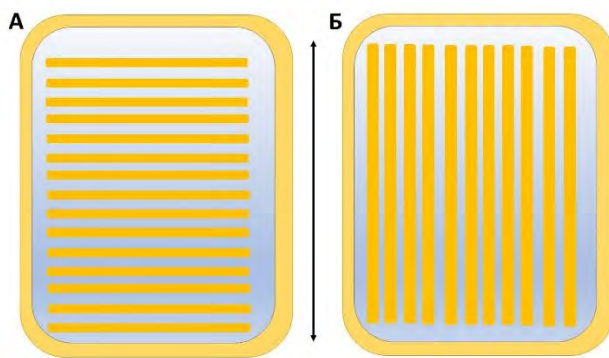
Скорость роста гипокотилия увеличится, так как в темновом варианте целлюлозные микрофибриллы ориентированы перпендикулярно направлению роста, что позволяет клеткам эффективно растягиваться

Скорость роста гипокотилия не изменится, так как стабилизация микротрубочек не позволит переориентировать направление синтеза целлюлозы, а при параллельно ориентированных целлюлозных микрофибриллах клетки будут по-прежнему практически не растягиваться

Скорость роста гипокотилия не изменится, так как из-за стабилизации микротрубочек целлюлозные микрофибриллы останутся в параллельной ориентации, а это способствует наиболее быстрому растяжению клеток (среди всех вариантов эксперимента)

Скорость роста гипокотилия снизится, так как из-за добавления стабилизатора микротрубочек произойдет переориентация целлюлозных микрофибрилл, они будут перпендикулярны направлению роста гипокотилия, что затруднит растяжение клеток

20-2. Для исследования роста гипокотили в разных условиях освещения кресс-салат проращивали в темноте, под синими светодиодами и под белым широкополосным светом. Исследование распределения целлюлозных микрофибрилл в клетках гипокотилей показало, что в проростках, росших в темноте, микрофибриллы были ориентированы перпендикулярно длинной оси гипокотили (рис. А), а у проростков на синем и белом свету – параллельно (рис. Б). Известно, что синтез целлюлозы осуществляется целлюлозо-синтазным комплексом, встроенным в плазмалемму. Целлюлоза откладывается с внешней стороны мембраны. Комплекс движется в плазматической мембране, направление его движения определяют микротрубочки, прилегающие с внутренней стороны мембраны. Гипокотили растений обработали токсином, вызывающим стабилизацию микротрубочек – при этом микротрубочки не разбираются и не собираются заново. Что произойдет, если растения, находящиеся под синими диодами, перенести в темноту?



*Ориентация целлюлозных микрофибрилл в клетках гипокотили. Стрелкой показана длинная ось гипокотили.*

Скорость роста гипокотили уменьшится, так как в темновом варианте целлюлозные микрофибриллы ориентированы перпендикулярно направлению роста, что ограничивает растяжение клеток

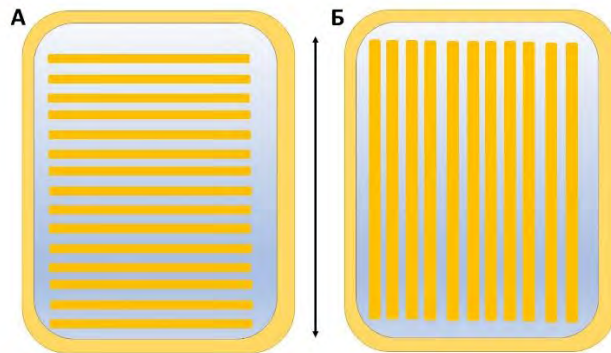
Скорость роста гипокотили не изменится, так как стабилизация микротрубочек не позволит переориентировать направление синтеза целлюлозы, а при параллельно ориентированных целлюлозных микрофибриллах клетки будут по-прежнему практически не растягиваться

Скорость роста гипокотили увеличится, так как из-за стабилизации микротрубочек целлюлозные микрофибриллы останутся в параллельной ориентации, а это способствует наиболее быстрому растяжению клеток (среди всех вариантов эксперимента)

Скорость роста гипокотили увеличится, так как при переносе растений в темноту произойдет переориентация целлюлозных микрофибрилл, они будут перпендикулярны направлению роста гипокотили, что усилит растяжение клеток

20-3. Для исследования роста гипокотили в разных условиях освещения кресс-салат проращивали в темноте, под синими светодиодами и под белым широкополосным светом. Исследование распределения целлюлозных микрофибрилл в клетках гипокотилей показало, что в проростках, росших в темноте, микрофибриллы были ориентированы

перпендикулярно длинной оси гипокотили (рис. А), а у проростков на синем и белом свету – параллельно (рис. Б). Известно, что синтез целлюлозы осуществляется целлюлозо-синтазным комплексом, встроенным в плазмалемму. Целлюлоза откладывается с внешней стороны мембраны. Комплекс движется в плазматической мембране, направление его движения определяют микротрубочки, прилегающие с внутренней стороны мембраны. Гипокотили растений обработали токсином, вызывающим стабилизацию микротрубочек – при этом микротрубочки не разбираются и не собираются заново. Что произойдет, если растения, находящиеся под синими диодами, перенести в темноту?



*Ориентация целлюлозных микрофибрилл в клетках гипокотили. Стрелкой показана длинная ось гипокотили.*

Скорость роста гипокотили уменьшится, так как в темновом варианте целлюлозные микрофибриллы ориентированы перпендикулярно направлению роста, что ограничивает растяжение клеток

Скорость роста гипокотили не изменится, так как стабилизация микротрубочек не позволит переориентировать направление синтеза целлюлозы, а при параллельно ориентированных целлюлозных микрофибриллах клетки будут по-прежнему практически не растягиваться

Скорость роста гипокотили уменьшится, так как из-за отсутствия света в растениях будут подавляться все процессы жизнедеятельности, в том числе, рост

Скорость роста гипокотили увеличится, так как при переносе растений в темноту включается активный синтез целлюлозы, что способствует усилению роста

## БОТАНИКА КЛЮЧ

ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ ВАС СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ ФОРМИРОВАЛИСЬ ЗАДАНИЯ ЭТОЙ ЧАСТИ. МЫ ПРИВОДИМ ОДИН ИЗ ТАКИХ ВАРИАНТОВ, КОТОРЫЙ МОЖЕТ НЕ СОВПАДАТЬ С ВАШИМ.

Данное задание проверяет навыки пользования справочной литературой в форме ключа. Само задание дано в виде серии высказываний, из которых нужно выбирать правильные и переходить к следующим далее высказываниям. Например, в начале под цифрой 1 даны два утверждения:

### 1. Листорасположение очередное...2

+. Листорасположение супротивное или мутовчатое ... 17

Цифрой 1 обозначена ступень. Выделенное высказывание называется **тезой**, а расположенное под ним - антитезой. В нашем ключе все антитезы обозначены символом +.

Рассматривая фотографию и/или опираясь на сведения из справочной литературы, необходимо выбрать, какое из высказываний больше подходит: теза или антитеза?

Если листорасположение очередное (верна теза), то нужно по ссылке переходить к ступени 2,. Если листорасположение, например, мутовчатое (верна антитеза), нужно переходить на ступень 17. И в том, и в другом случае под соответствующей цифрой вы найдете тезу и антитезу, нужно будет снова ответить на вопросы и выбирать. В конце вы получите некоторую **Букву шифра N**. Эту букву нужно впечатать в поле ответа рядом с фотографией.

По ходу определения вам могут встретиться незнакомые термины (например, терминальный, ауксибласт, моноподиально, диагеотропный и др.). Чтобы правильно выполнить задание, вы должны самостоятельно выяснить значение этих терминов из любых доступных вам источников информации.

Перед вами фотография растения, которая подбирается случайным образом из базы данных, ваше задание индивидуально. При необходимости рассмотреть детали, вы можете увеличить изображение. Большинство изображённых растений широко известно, поэтому вы можете также использовать справочные данные об объекте.

Пользуясь определительным ключом, найдите для каждого растения соответствующую букву шифра.

В однобуквенном свободном поле запишите найденный шифр. Каждой фотографии соответствует только одна буква шифра!

**Ответ на задание - только ОДНА буква.**

**По 3 балла за каждый правильный ответ. Всего 9 баллов за все задание**



**Ответ: С**

**Определительный ключ**

1. Листорасположение очередное ...2

+ Листорасположение супротивное или мутовчатое ... 17

2. Хорошо выражена специализация побегов на ауксибласты и брахибласты...3  
+. Ясно выраженной специализации побегов на ауксибласты и брахибласты нет ... 8
3. Зеленые (фотосинтезирующие) листья есть только на брахибластах, ауксибласты лишены зеленых листьев ... 4  
+. Зеленые листья есть как на брахибластах, так и на ауксибластах ... 7
4. Ауксибласты выполняют функцию защиты от крупных травоядных. На брахибластах число листьев варьирует ... 5  
+. Ауксибласты несут только чешуевидные листья и не выполняют функции защиты от травоядных. На брахибластах число зеленых листьев более-менее постоянное ... 6
5. Листья цельные, иногда по краям зубчатые ... [Буква шифра А.](#)  
+. Листья лопатные, городчатые по краю ..... [Буква шифра Б.](#)
- 6(4). Каждый брахибласт всегда образует только 2 зеленых листа ... [Буква шифра В.](#)  
+. Каждый брахибласт чаще всего образует 5 зеленых листьев (в редких случаях их бывает 4 или 6) ... [Буква шифра Г.](#)
- 7(3). Брахибласты специализируются на функции цветения и плодоношения ... [Буква шифра Д.](#)  
+. Брахибласты специализируются на функции фотосинтеза ... [Буква шифра Е.](#)
- 8(2). Побеги несут колючие части ... 9  
+. Побеги без колючек ... 14
9. Колючие части – выросты эпидермиса (шипы) ... 10  
+. Эпидермис не образует шипов ... 12
10. Листья пальчатосложные ... [Буква шифра Ж.](#)  
+. Листья тройчатые или непарноперистосложные ... 11
11. Околоплодник сухой, цветоложе вогнутое .... [Буква шифра З.](#)  
+. Околоплодник сочный, цветоложе выпуклое ... [Буква шифра И.](#)
- 12(9). Колючки образованы концами веточек ..... [Буква шифра К.](#)  
+. Колючки образованы частями листа: либо они представляют собой видоизмененные прилистники, либо колючие кончики листьев ... 13.
13. Побеги специализированы на ортотропный (главный) и диагеотропные (боковые побеги) ... [Буква шифра Л.](#)  
+. Побеги без выраженной специализации, боковые побеги могут расти в разных направлениях ... [Буква шифра М.](#)
- 14(8). На фотографии представлен хотя бы один моноподиально возобновляющийся побег ... 15  
+. На фотографии моноподиально возобновляющиеся побеги не представлены ... 16
15. Листочки сложного листа цельные ... [Буква шифра Н.](#)  
+. Листья с острыми лопастями ..... [Буква шифра О.](#)
- 16(14). Все соцветия боковые..... [Буква шифра П.](#)  
+. Хотя бы часть соцветий терминальные (заканчивают собой ростовые побеги) [Буква шифра Р.](#)
- 17(1). Листья мелкие, чешуевидные, прижатые к стеблю ... [Буква шифра С.](#)  
+. Листья с более-менее развитыми листовыми пластинками, отстоят от стебля ... 18
18. Соцветия терминальные (заканчивают собой ростовые побеги) ... 19  
+. Соцветия расположены на укороченных боковых веточках ... 20
19. На фотографии представлен хотя бы один моноподиально возобновляющийся побег ... [Буква шифра Т.](#)  
+. На фотографии моноподиально возобновляющиеся побеги не представлены ... [Буква шифра У.](#)
- 20(18). Листовые пластинки с отдельными зубцами по краю. Плод распадается на несколько частей, каждая из которых асимметрична ... [Буква шифра Ф.](#)  
+. Листовые пластинки без крупных зубцов по краю. Плод не распадается, симметричен ... [Буква шифра Х.](#)

## ЗООЛОГИЯ КЛЮЧ

ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ ВАС СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ ФОРМИРОВАЛИСЬ ЗАДАНИЯ ЭТОЙ ЧАСТИ. МЫ ПРИВОДИМ ОДИН ИЗ ТАКИХ ВАРИАНТОВ, КОТОРЫЙ МОЖЕТ НЕ СОВСЕМ СОВПАДАТЬ С ВАШИМ.

**По 3 балла за каждый правильный ответ. Всего 9 баллов за все задание**

Задание по зоологии похоже по принципу построения на задание по ботанике. Вам необходимо правильно ответить на вопросы в определительном ключе (выбрать соответствующие тезы или антитезы), опираясь на предоставленные фотографии. В большинстве случаев для правильного расположения объекта в определительном ключе не требуется знать вид животного. Если у Вас возникли трудности в терминологии, постарайтесь самостоятельно отыскать дополнительную справочную информацию. Вам предложена фотография представителя типа Хордовых (Chordata). Не все признаки, используемые в ключе, видны на фотографии, но они являются характерными для систематической группы, к которой относится объект.

### Определительный ключ

1. Во взрослом состоянии хорда редуцирована полностью .....2.
- + Во взрослом состоянии хорда сохраняется .....3.
2. Во взрослом состоянии ведут сидячий образ жизни .....[буква шифра М](#)
- + Во взрослом состоянии передвигаются свободно путём реактивного движения .....[буква шифра А](#)
- 3(1). Во взрослом состоянии питаются путём фильтрации .....4.
- + Во взрослом состоянии плотоядные, растительноядные или паразиты. Личинки (если они есть в жизненном цикле) могут быть фильтраторами .....5.
4. Фильтрацию осуществляют, загоняя воду в глотку путём биения ресничек предротовой воронки .....[буква шифра Б](#)
- + Фильтрацию осуществляют с помощью особого слизевого домика, создавая движение воды в нём путём биений хвоста .....[буква шифра П](#)
- 5(3). Во взрослом состоянии ведут паразитический образ жизни, питаются тканями других водных позвоночных, а также падалью. Челюстной аппарат отсутствует .....6.
- + Во взрослом состоянии не являются паразитами. Челюсти хорошо развиты .....7.
6. Питаются с помощью движений присасывательной предротовой воронки с роговыми зубцами. Личинка питается путём фильтрации .....[буква шифра В](#)
- + Присасывательной предротовой воронки нет. Питаются с помощью движений мощного языка, снабжённого рядами крючьевидных роговых зубцов. Личиночная стадия в онтогенезе отсутствует .....[буква шифра Т](#)
- 7(5). Являются анамниями .....8.
- + Являются амниотами .....13.
8. Во взрослом состоянии присутствуют наружные жабры .....[буква шифра К](#)
- + Во взрослом состоянии наружных жабр нет .....9.
9. На личиночной стадии развития хорошо заметен резкий переход между туловищем и хвостом .....[буква шифра Ж](#)
- + И у личинок, и у взрослых особей туловище плавно переходит в хвост .....10.
10. Грудные плавники редуцированы. Тело змеевидное .....[буква шифра О](#)
- + Грудные плавники хорошо развиты .....11.
11. Тип крепления челюстей к черепу - аутостилия .....[буква шифра Р](#)
- + Тип крепления челюстей к черепу – амфистилия или гиостилия .....12.
12. Грудные плавники используются для передвижения по дну. Рот верхний .....[буква шифра И](#)
- + Грудные плавники используются для передвижения по прибрежному грунту. Рот нижний .....[буква шифра З](#)
- 13(7). В желудочке сердца имеется неполная перегородка .....14.
- + В сердце имеется левый и правый желудочки .....16.
14. Тело змеевидное, покрыто чешуёй. Конечности отсутствуют .....15.

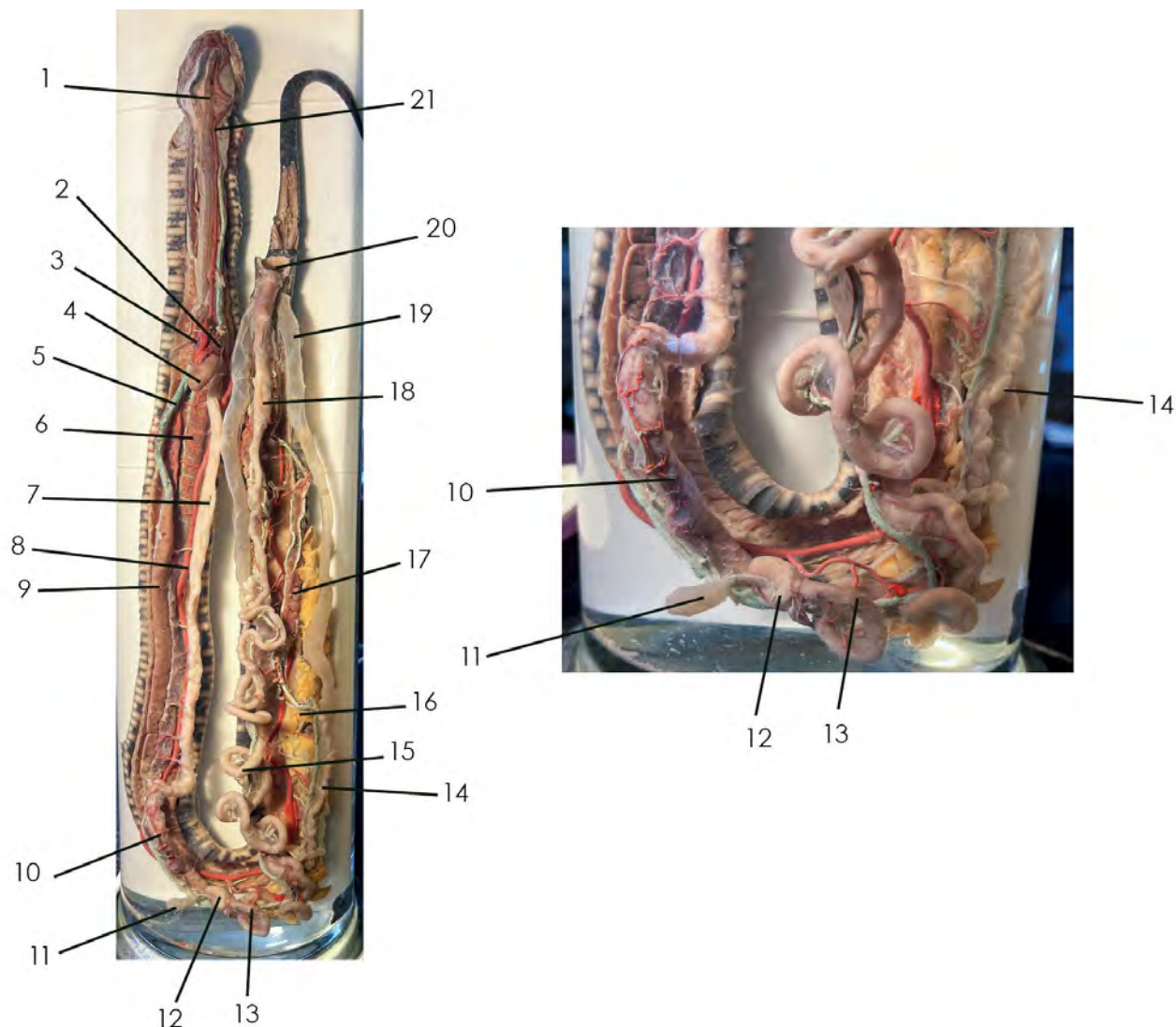
- + Тело не змеевидное, покрыто панцирем. Конечности имеются .....[буква шифра Л](#)
- 15. Имеются подвижные веки и наружное слуховое отверстие ..... [буква шифра Г](#)
- + Подвижных век и наружного слухового отверстия нет. У некоторых представителей на голове имеются терморецепторы ..... [буква шифра Х](#)
- 16(13). На задних конечностях присутствуют только два пальца .....[буква шифра Е](#)
- + На задних конечностях пальцев больше двух .....17.
- 17. Во взрослом состоянии зубы отсутствуют .....18.
- + Во взрослом состоянии зубы хорошо развиты .....19.
- 18. Некоторое время вынашивают детёныша в сумке .....[буква шифра С](#)
- + Сумки нет. Могут носить детёныша на спине .....[буква шифра Н](#)
- 19. Хищники. Зубы хорошо дифференцированы. Вынашивают детёнышей в сумке .....[буква шифра У](#)
- + Хищники. Зубы слабо дифференцированы. Сумки нет .....20.
- 20. На кистях и ступнях, а также на нижней стороне хвоста имеется оторочка из щетинистых волосков ..... [буква шифра Д](#)
- + На кистях, ступнях и хвосте оторочки из щетинистых волосков нет ..... [буква шифра Ф](#)



Ответ: Ж

## ЗАДАНИЕ ПО АНАТОМИИ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

**1 балл за каждый правильный ответ. Всего 21 балл.** Перед Вами фотография препарата, демонстрирующего внутреннее строение ужа. Сопоставьте цифровые обозначения с названиями внутренних органов и элементов кровеносной системы.



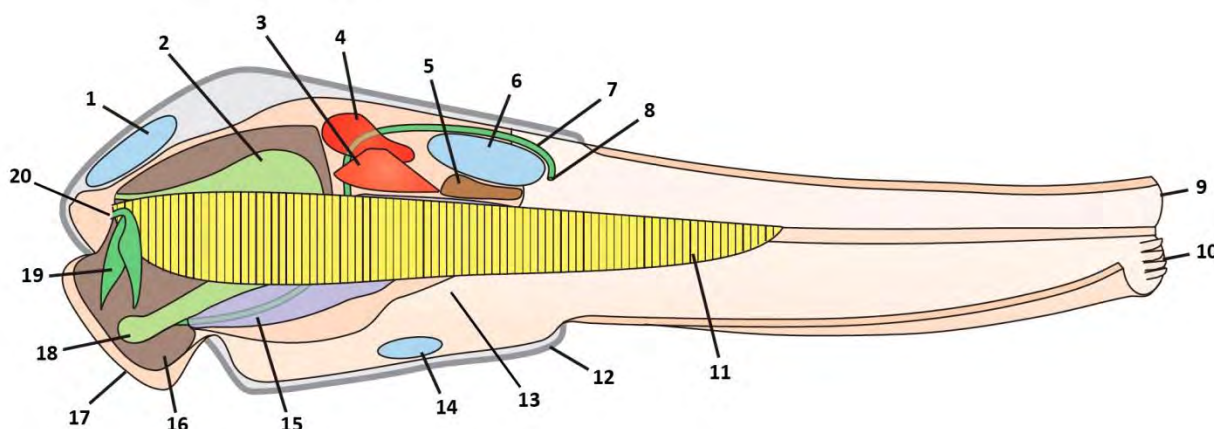
Номер	Название структуры
1	Трахея
2	Левое предсердие
3	Правое предсердие
4	Желудочек
5	Печеночная вена
6	Правое легкое
7	Пищевод
8	Спинная аорта
9	Печень
10	Желудок
11	Желчный пузырь
12	Поджелудочная железа
13	Двенадцатиперстная кишка
14	Яичник
15	Тонкий кишечник
16	Жировое тело
17	Почка

18	Толстый кишечник
19	Яйцевод
20	Клоака
21	Левая сонная артерия

## ЗАДАНИЕ ПО АНАТОМИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

**1 балл за каждый правильный ответ. Всего баллов 20**

Рассмотрите схему строения необычного двустворчатого моллюска, который высверливает ход в камне. Установите соответствие между цифровыми обозначениями на схеме (1 – 20) и названиями структур.



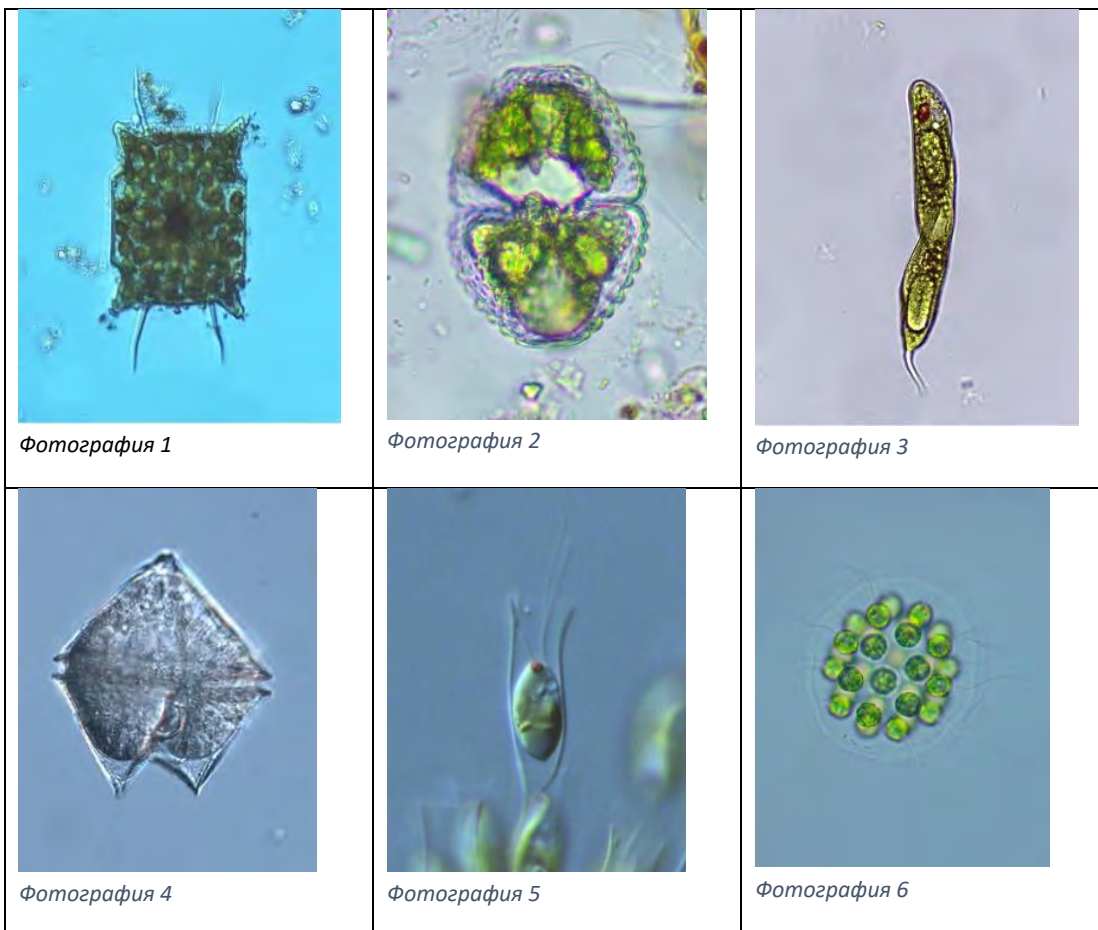
1	передний мускул-замыкатель
2	желудок
3	левое предсердие
4	желудочек
5	почка
6	задний мускул-замыкатель
7	задняя кишка
8	анус
9	выводной сифон
10	вводной сифон
11	жабра
12	створка раковины
13	мантия
14	брюшной мантийный мускул
15	половая железа
16	пищеварительная железа («печень»)
17	нога
18	карман кристаллического стебелька
19	ротовые лопасти
20	рот

## ЗАДАНИЕ ПО АЛЬГОЛОГИИ

**8 баллов за правильный ответ**

Известный ботаник L как-то зачитался фантастикой. И вот читает он: «...эти аппараты одни из самых быстрых в космосе в своем классе. Профессионалы зовут их «спиннеры» за характерную особенность перемещения в пространстве – они как будто ввинчиваются в космические просторы. У этих аппаратов есть разные модели, но любым из них требуется много энергии. Некоторые могут работать только от солнечных панелей, но куда чаще встречаются те, которые, наряду с солнечными панелями, несут вооружение, позволяющее им заправляться энергией, нападая на другую технику – «добычу», встреченную на пути. Получается в некотором роде космический разбой. Да, кстати, особо продвинутые спиннеры могут разжиться у добычи не только энергией, но и запасными частями – солнечными панелями! А для настоящих авантюристов есть модели, которым свет не нужен вовсе – только разбой! Разнообразие вооружения спиннеров поражает воображение. Существуют крупные, не бронированные аппараты, которые через большие шлюзы могут захватывать встреченную технику, разбирая и уничтожая ее в своих внутренних мастерских. Другие, покрытые бронепанелями, берут свою добычу на абордаж, пристыковываются к ней трубой-транспортёром, по которой перемещают внутрь своего корпуса все ценное. А есть спиннеры, которые могут нападать на технику намного большую их, и даже бронированную. Они заключают добычу в гигантский надувной ангар и там, вне своего корпуса разбирают жертву на части и похищают себе энергию. После такой охоты остается лишь пустой корпус жертвы, как корабль призрак в космической пустоте... А для того, чтобы добыча точно не ускользнула, не уклонилась от взятия на абордаж, есть специальные пушки, которые стреляют гарпуном на крепком тросе...» Карамба! – воскликнул L, даже не дочитав страницу. Да под это описание подходит один из отделов моих любимых водорослей! Заменить слово космос на океан, да еще немного поменять по мелочи – и готово!

Выберете фотографию представителя отдела любимых водорослей известного ботаника L..



Ответ: Фотография 4

**Задача.** Плоды красного острого перца (*Capsicum annuum*) бывают не только красными. В последнее время выведены многочисленные сорта, отличающиеся по окраске плода. При этом декоративный эффект часто проявляется в том, что по мере созревания различные пигменты синтезируются не одновременно, поэтому на растении можно обнаружить плоды разного цвета (см. рисунок).



В плодах обнаружены вещества (пигменты), которые обуславливают красный (Red), оранжевый (Orange), жёлтый (Yellow) и чёрно-фиолетовый (Black) цвет. Обозначим ген, отвечающий за образование красного пигмента, как ***R***, а его мутантный аллель (нефункциональный) аллель как ***r***. Растения с генотипом ***rr*** не могут синтезировать красный пигмент. Аналогично, обозначим ген, ответственный за биосинтез оранжевого пигмента, как ***T***, и соответствующий нефункциональный мутантный аллель ***t***; ген ***Y***, отвечающий за образование желтого пигмента (с мутантным аллелем ***y***); ген ***B***, отвечающий за синтез чёрно-фиолетового пигмента (с мутантным аллелем ***b***). 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.

Для выявления последовательности реакций в биосинтезе пигментов были поставлены скрещивания, при этом использовали чистые линии, у которых **число нефункциональных аллелей минимально**.

Результаты скрещиваний, в которых участвовали одни и те же линии растений, представлены в таблице (указан цвет полностью созревших плодов).

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые × Красные	Все красные	3 красные : 1 белые
Белые × Оранжевые	Все красные	9 красные : 3 оранжевые : 4 белые
Белые × Жёлтые	Все красные	9 красные : 3 жёлтые : 4 белые
Белые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые: 3 красные : 1 белые
Красные × Оранжевые	Все красные	3 красные : 1 оранжевые
Красные × Жёлтые	Все красные	3 красные : 1 желтые

Красные × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	3 чёрно-фиолетовые : 1 красные
Оранжевые × Жёлтые	Все красные	51 красные : 25 оранжевые : 24 жёлтые
Оранжевые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные : 1 оранжевые
Жёлтые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные : 1 жёлтые

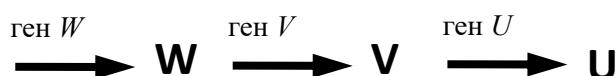
А. Предложите условную биохимическую схему биосинтеза пигментов, если известно, что при наличии аллеля дикого типа предшествующее вещество полностью переходит в следующие продукты (т.е. промежуточные окрашенные соединения в полностью созревшем плоде не накапливаются!). Свою схему обоснуйте генетически.

**Решение. Всего за задачу 15 баллов**

**ПУНКТ А. если есть схема– 1 балл, есть объяснение еще 2 балла. Всего 3 балла**

**Этап 1. Составим линейную модель биосинтеза.**

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



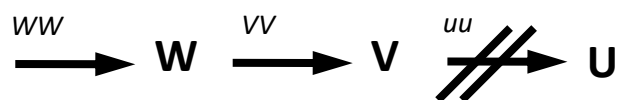
Если все гены будут представлены доминантными (функциональными) аллелями, лепестки приобретут окраску U (промежуточное вещество V по условию не накапливается). Генотип растений с окраской U будет следующим:  $WW VV UU$ .

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:  $WW\ v v\ UU$  (Белые)  $\times$   $WW\ V V\ UU$  (Окраска U)

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

F<sub>2</sub>: 1  $WW\ V V\ UU$  (Окраска U) + 2  $WW\ V v\ UU$  (Окраска U) + 1  $WW\ v v\ UU$  (Белые)

по фенотипам – классическое моногибридное скрещивание.

3 с окраской U : 1 белые.

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

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

F<sub>2</sub>: 1  $WW\ V V\ UU$  (Окраска U) + 2  $WW\ V V\ U u$  (Окраска U) + 1  $WW\ V V\ uu$  (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.

Теперь проанализируем скрещивание, в котором окраска представлена промежуточным веществом (предположим, что гены наследуются независимо).

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

F<sub>1</sub>:  $WW\ \underline{V v}\ \underline{U u}$  (Окраска U!)

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

1  $WW\ v v\ uu$  (Белые).

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

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. Ищем 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 $\times$ Красные	Все красные	3 красные : 1 белые
Белые $\times$ Оранжевые	Все красные	9 красные : 3 оранжевые : 4 белые
Белые $\times$ Жёлтые	Все красные	9 красные : 3 жёлтые : 4 белые

Белые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые: 3 красные : 1 белые
Красные × Оранжевые	Все красные	3 красные : 1 оранжевые
Красные × Жёлтые	Все красные	3 красные : 1 желтые
Красные × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	3 чёрно-фиолетовые : 1 красные
Оранжевые × Жёлтые	Все красные	51 красные : 25 оранжевые : 24 жёлтые
Оранжевые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные :1 оранжевые
Жёлтые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные : 1 жёлтые

Во всех представленных случаях доминирует красная окраска, а это означает, что красный пигмент **R** находится в конце биохимической цепочки.

Теперь найдём все варианты дигибридных скрещиваний, где в первом поколении окраска не совпадает с окраской плодов родительских.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые × Красные	Все красные	3 красные : 1 белые
Белые × Оранжевые	Все красные	9 красные : 3 оранжевые : 4 белые
Белые × Жёлтые	Все красные	9 красные : 3 жёлтые : 4 белые
Белые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые: 3 красные : 1 белые
Красные × Оранжевые	Все красные	3 красные : 1 оранжевые
Красные × Жёлтые	Все красные	3 красные : 1 желтые
Красные × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	3 чёрно-фиолетовые : 1 красные
Оранжевые × Жёлтые	Все красные	51 красные : 25 оранжевые : 24 жёлтые
Оранжевые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные :1 оранжевые

Жёлтые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные : 1 жёлтые
---------------------------	----------------------	--

Из отмеченных скрещиваний следует, что оранжевый (Т) и желтый (У) пигменты находятся в цепочке биосинтеза между белым (W) и красным (R). При этом в двух случаях наблюдается расщепление 9:3:4, что говорит о независимом наследовании гена **R** и гена **T**, а также гена **T** и гена **Y**.

В скрещивании Оранжевые × Жёлтые во втором поколении наблюдается заметное отклонение в расщеплении от модели, что указывает на сцепление генов **R** и **Y**. Отметим, что оранжевых потомков в F<sub>2</sub> немного больше, чем желтых. Это означает, что рецессивная дигомозигота **rr yy** имеет оранжевый цвет, т.е. оранжевый пигмент (Т) находится в цепочке биосинтеза раньше, чем жёлтый (Y).

Получилась следующая цепочка биосинтеза:



### Этап 3. Анализируем наследование чёрно-фиолетовой окраски.

Обратим внимание, что густая чёрно-фиолетовая окраска маскирует все другие окраски. На фотографиях к задаче видно, что незрелые плоды могут иметь красную или оранжевую окраску, но по мере созревания становятся фиолетовыми. По условию учитывается фенотип только **полностью созревших плодов**.

Мы видим, что везде, где в скрещиваниях участвует линия с чёрно-фиолетовыми родителями, в первом поколении эта окраска доминирует.

Фенотипы родителей	Первое поколение (F <sub>1</sub> )	Второе поколение (F <sub>2</sub> )
Белые × Красные	Все красные	3 красные : 1 белые
Белые × Оранжевые	Все красные	9 красные : 3 оранжевые : 4 белые
Белые × Жёлтые	Все красные	9 красные : 3 жёлтые : 4 белые
Белые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные : 1 белые
Красные × Оранжевые	Все красные	3 красные : 1 оранжевые
Красные × Жёлтые	Все красные	3 красные : 1 желтые
Красные × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	3 чёрно-фиолетовые : 1 красные
Оранжевые × Жёлтые	Все красные	51 красные : 25 оранжевые : 24 жёлтые

Оранжевые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные : 1 оранжевые
Жёлтые × Чёрно-фиолетовые	Все чёрно-фиолетовые	12 чёрно-фиолетовые : 3 красные : 1 жёлтые

В скрещивании Красные × Чёрно-фиолетовые во втором поколении наблюдается расщепление 3 : 1, из чего можно сделать вывод, что линия красных и линия чёрно-фиолетовых перцев отличается мутацией только в одном гене.

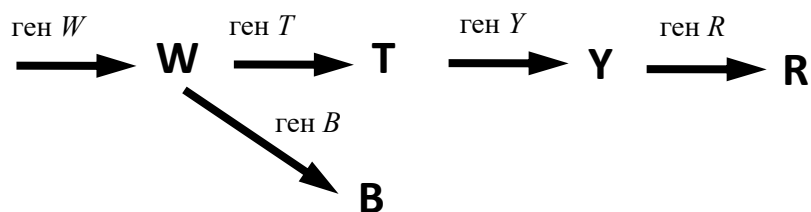
Во всех остальных случаях мы видим результаты дигибридного скрещивания, с появлением новой окраски, которой не было у родителей. Заметим, что при этом  $\frac{12}{16}$  (т.е.  $\frac{3}{4}$ ) потомков чёрно-фиолетовые. На долю остальных окрасок приходится  $\frac{(3+1)}{16} = \frac{1}{4}$ .

Если предположить, что аллель **B** доминирует над **b**, и при этом чёрно-фиолетовая окраска маскирует все остальные, то скрещивание Белые × Чёрно-фиолетовые во втором поколении можно представить в виде следующей решётки Пеннета.

гаметы	<b>B R</b>	<b>B r</b>	<b>b R</b>	<b>b r</b>
<b>B R</b>	<b>BB RR</b> чёрно-фиолетовый	<b>BB Rr</b> чёрно-фиолетовый	<b>Bb RR</b> чёрно-фиолетовый	<b>Bb Rr</b> чёрно-фиолетовый
<b>B r</b>	<b>BB Rr</b> чёрно-фиолетовый	<b>BB rr</b> чёрно-фиолетовый	<b>Bb Rr</b> чёрно-фиолетовый	<b>Bb rr</b> чёрно-фиолетовый
<b>b R</b>	<b>Bb RR</b> чёрно-фиолетовый	<b>Bb Rr</b> чёрно-фиолетовый	<b>bb RR</b> красный	<b>bb Rr</b> красный
<b>b r</b>	<b>Bb Rr</b> чёрно-фиолетовый	<b>Bb rr</b> чёрно-фиолетовый	<b>bb Rr</b> красный	<b>bb rr</b> белый

Таким образом, чёрно-фиолетовый пигмент (B) синтезируется параллельно и независимо от остальных пигментов. Ген **B** наследуется независимо от всех остальных генов.

Формально не будет ошибкой финальная схема, где чёрно-фиолетовый пигмент (B) включён в общую схему биосинтеза как боковое ответвление, например, так:



**Ответ:** Белый (W) → оранжевый (T) → жёлтый (Y) → красный (R)

Белый (W) → чёрно-фиолетовый (B) [независимая параллельная ветка биосинтеза]

**Б. Какими генотипами обладают родители в каждом из приведённых в таблице скрещиваний? (Помните, что число нефункциональных аллелей должно быть минимальным!)**

**ПУНКТ Б. если есть только генотипы– 1 балл, есть решение еще 2 балла. Всего 3 балла**

Поскольку чёрно-фиолетовая окраска маскирует все остальные окраски, то у красных, жёлтых, оранжевых и белых растений ген должен быть представлен рецессивным нефункциональным аллелем **bb**. Сама линия с чёрно-фиолетовыми плодами несёт доминантный аллель **BB**. Исходя из требования, чтобы число нефункциональных аллелей было минимальным, все остальные гены также должны быть представлены доминантными аллелями. Генотип черно-фиолетовых родителей – **TT BB YY RR**.

Чтобы плод не содержал пигментов (белая окраска), не должны образоваться ни пигмент В, ни пигмент Т. Остальные гены представлены доминантными аллелями. Генотип белых родителей - **tt bb YY RR**.

Чтобы плод стал красным, биосинтез должен пройти до конца, при этом чёрно-фиолетовый пигмент не должен образоваться (иначе красная окраска замаскируется). Таким образом, генотип красных родителей – **TT bb YY RR**.

Для накопления желтого пигмента (см. схему) должен остановиться синтез красного. Это возможно в случае мутации по гену **R**. Окраска также не должна замаскироваться. Генотип жёлтых родителей – **TT bb YY rr**.

Чтобы накопился оранжевый пигмент, нужно остановить синтез жёлтого. Генотип оранжевых родителей – **TT bb yy RR**.

**Ответ:**

Белые **tt bb YY RR**

Красные **TT bb YY RR**

Оранжевые **TT bb yy RR**

Жёлтые **TT bb YY rr**

Чёрно-фиолетовые **TT BB YY RR** [чёрно-фиолетовый цвет маскирует все другие окраски]

В. Предложите все возможные примеры таких генотипов гомозиготных родительских растений, **отличающихся друг от друга по окраске плодов**, у которых в первом поколении будут только растения с жёлтыми плодами. Предскажите расщепление во втором поколении.

**ПУНКТ В. если есть только родительские генотипы– 1 балл, есть решение еще 3 балла. Всего 4 балла**

**Решение.**

Чтобы получилась жёлтая окраска, пигмент Y не должен перейти в пигмент R, соответственно в генотипе должен быть рецессивный аллель **rr** у обоих родителей. Важно, чтобы жёлтая окраска не была замаскирована чёрно-фиолетовой. Таким образом, у родительских линий должен быть рецессивный аллель **bb**. Остальные гены могут быть представлены любыми аллелями – их можно свободно варьировать, однако родители должны отличаться по окраске плодов. Кроме того, потомкам F1 должны обязательно достаться доминантные аллели **T** и **Y**, чтобы биосинтез дошёл до жёлтого пигмента (Y).

Возможно 4 варианта.

1. Белые **tt bb YY rr** × оранжевые **TT bb yy rr**

F<sub>1</sub>: Жёлтые **Tt bb Yy rr**

F<sub>2</sub>: 9 Жёлтые **T- bb Y- rr** : 4 белые **tt bb Y-/yy rr** : 3 оранжевые **T- bb yy rr**

2. Белые  $tt\ bb\ YY\ rr$  × жёлтые  $TT\ bb\ YY\ rr$

F<sub>1</sub>: Жёлтые  $Tt\ bb\ YY\ rr$

F<sub>2</sub>: 3 Жёлтые  $T- bb\ YY\ rr$  : 1 белые  $tt\ bb\ YY\ rr$

3. Белые  $tt\ bb\ yy\ rr$  × жёлтые  $TT\ bb\ YY\ rr$

F<sub>1</sub>: Жёлтые  $Tt\ bb\ Yy\ rr$

F<sub>2</sub>: 9 Жёлтые  $T- bb\ Y- rr$  : 4 белые  $tt\ bb\ Y-/yy\ rr$  : 3 оранжевые  $T- bb\ yy\ rr$

4. Оранжевые  $TT\ bb\ yy\ rr$  × жёлтые  $TT\ bb\ YY\ rr$

F<sub>1</sub>: Жёлтые  $TT\ bb\ Yy\ rr$

F<sub>2</sub>: 3 Жёлтые  $TT\ bb\ Y- rr$  : 1 оранжевые  $TT\ bb\ yy\ rr$

**ПУНКТ Г. если есть только расстояние– 1 балл, есть решение еще 3 балла. Всего 4 балла**

Г. Какие из генов, определяющих окраску плода, наследуются сцепленно? На каком расстоянии они находятся?

**Решение.**

Только в одном случае расщепление во втором поколении сильно отклоняется от того, которое можно ожидать при независимом наследовании признаков:

P: Оранжевые  $TT\ bb\ yy\ RR$  × Жёлтые  $TT\ bb\ YY\ rr$

F<sub>1</sub>: Все красные  $TT\ bb\ Yy\ Rr$

F<sub>2</sub>: 51 красные : 25 оранжевые : 24 жёлтые

Очевидно, что по генам  $T$  и  $B$  расщепление не идёт – у обоих родителей одинаковые аллели. Поэтому сцепленными будут только гены  $Y$  и  $R$ .

Обозначим частоту рекомбинации (кроссинговера) как  $q$  и оценим расщепление с помощью решётки Пеннета.

Гаметы:	Нерекомбинантные		Рекомбинантные
	(1 – $q$ )		$q$
	$Yr$	$yR$	$YR$ $yr$

гаметы	$YR$ $q/2$	$Yr$ $(1-q)/2$	$yR$ $(1-q)/2$	$yr$ $q/2$
$YR$ $q/2$	$YYRR$ красные $[q/2]^2$	$YYRr$ красные $[q/2] \times [(1-q)/2]$	$YyRR$ красные $[q/2] \times [(1-q)/2]$	$YyRr$ красные $[q/2]^2$
$Yr$ $(1-q)/2$	$YYRr$ красные $[q/2] \times [(1-q)/2]$	$YYrr$ жёлтые $[(1-q)/2]^2$	$YyRr$ красные $[(1-q)/2]^2$	$Yyrr$ жёлтые $[q/2] \times [(1-q)/2]$
$yR$ $(1-q)/2$	$YyRR$ красные $[q/2] \times [(1-q)/2]$	$YyRr$ красные $[(1-q)/2]^2$	$yyRR$ оранжевые $[(1-q)/2]^2$	$yyRr$ оранжевые $[q/2] \times [(1-q)/2]$
$yr$	$YyRr$ красные	$Yyrr$ жёлтые	$yyRr$ оранжевые	$yyrr$ оранжевые

$q/2$	$[q/2]^2$	$[q/2] \times [(1-q)/2]$	$[q/2] \times [(1-q)/2]$	$[q/2]^2$
-------	-----------	--------------------------	--------------------------	-----------

Понятно, что преобладающим фенотипом во втором поколении окажутся красные плоды. Из-за того, что оранжевый пигмент стоит в цепочке биосинтеза раньше, оранжевых перцев в потомстве будет немного больше, чем жёлтых. Покажем, как связано это различие с частотой рекомбинантных гамет  $q$ . Для этого просуммируем доли генотипов с оранжевыми плодами и вычтем суммарную долю генотипов с жёлтыми плодами.

$$\begin{aligned} \text{Оранжевых: } & [(1-q)/2]^2 + [q/2] \times [(1-q)/2] + [q/2] \times [(1-q)/2] + [q/2]^2 = \\ & = [(1-q)/2]^2 + q \times [(1-q)/2] + [q/2]^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Жёлтых: } & [(1-q)/2]^2 + [q/2] \times [(1-q)/2] + [q/2] \times [(1-q)/2] = \\ & = [(1-q)/2]^2 + q \times [(1-q)/2] \end{aligned}$$

После вычитания получим, что доля оранжевых должна быть на  $[q/2]^2$  больше, чем жёлтых за счёт рекомбинантных (кроссоверных) гомозигот  $yy rr$ .

Выразим расщепление в долях от единицы.

Поскольку  $51+25+24 = 100$ , то доля оранжевых потомков составляет 0,25, а доля жёлтых – 0,24.

Решим уравнение:

$$[q/2]^2 = 0,25 - 0,24 = 0,01$$

$$q/2 = \sqrt{0,01} = 0,1$$

$$q = 0,2$$

Таким образом, доля рекомбинантных (кроссоверных) гамет составляет 0,2 или 20%, что соответствует расстоянию между генами 20 сантиморган.

Ответ:

Гены **R** и **Y** наследуются сцепленно, находятся на расстоянии 20 сантиморган.

Д. Опираясь на предложенную вами схему биосинтеза, предположите, к какой группе веществ относятся красные, оранжевые, жёлтые и чёрно-фиолетовые пигменты плода острого перца. Ответ обоснуйте.

**ПУНКТ Д. написаны все группы пигментов 1 балл.**

**Решение.**

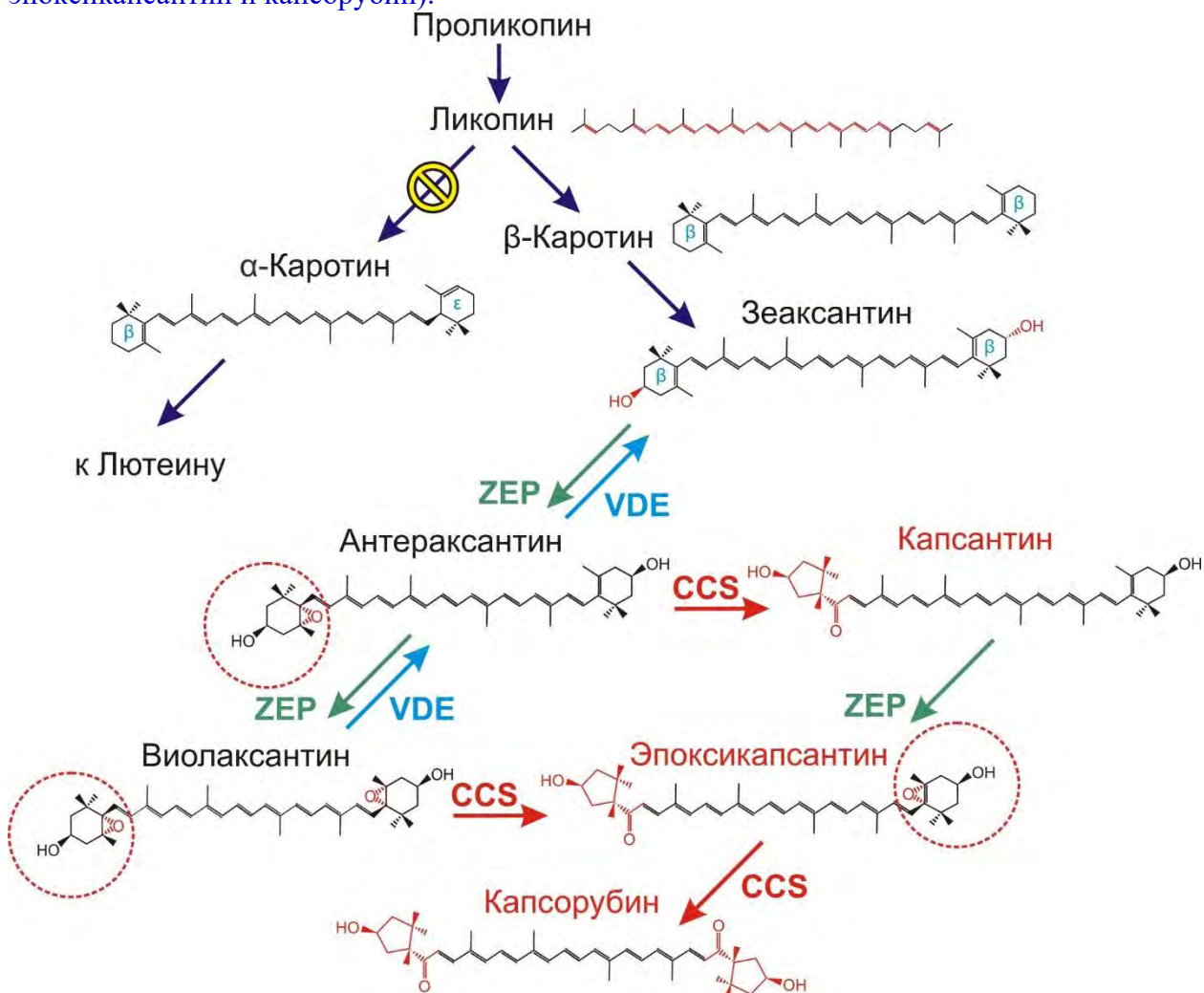
Мы получили следующую цепочку взаимных превращений оранжевых, жёлтых и красных пигментов:



Самые распространённые пигменты, у которых гамма окраски представлена красными, оранжевыми и жёлтыми тонами, – это **каротиноиды**. Они относятся к более широкой группе веществ, которые называют изопреноидами или терпеноидами.

Действительно, если мы рассмотрим принципиальную схему биосинтеза каротиноидов у красного перца [см. рисунок ниже], то сначала образуются каротины ( $\beta$ -каротин), имеющие оранжевую окраску, затем – широко распространённые ксантофиллы (зеаксантин,

антераксантин и виолаксантин) с жёлтой окраской, а в конце образуются ярко-красные ксантофиллы, характерные именно для плодов красного перца (капсантин, эпоксикапсантин и капсорубин).



Чёрно-фиолетовая окраска возникает у перцев в результате накопления **антоцианов** – водорастворимых пигментов, синтезирующихся независимо от каротиноидов. Антоцианы относятся к фенольным соединениям, и имеют голубую, синюю, фиолетовую, малиновую и розовую окраску. При большом накоплении этих пигментов может создаваться эффект почти чёрной окраски.

**Ответ:**

Красные, оранжевые и жёлтые пигменты относятся к каротиноидам, чёрно-фиолетовые – к антоцианам.