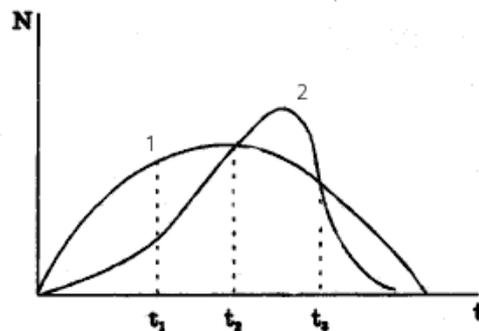


## Решение биологических задач с применением математических методов

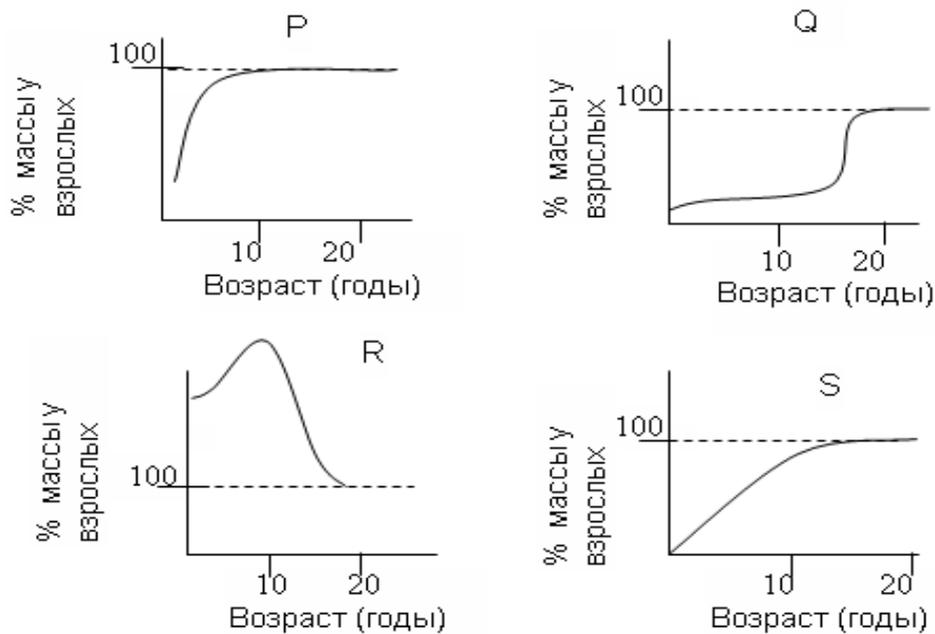
1. Рассчитайте длительность сердечного цикла у человека, пульс которого равен 80 ударам в минуту. Рассчитайте частоту сердечных сокращений у человека, длительность сердечного цикла которого равна 1с.
2. Количество крови у человека составляет 5,5 литра. В 1л крови содержится 140 г гемоглобина. Определите общее содержание гемоглобина в крови этого человека.
3. За одно сокращение сердце человека выбрасывает в аорту 50 мл крови, а за 1 минуту из сердца в аорту проходит 3750 мл крови. Определите пульс этого человека.
4. Дано содержание калия ( $^{40}\text{K}$ ) в найденных палеонтологических остатках: парапитека – 95%, археоптерикса – 75%, стегоцефала – 48 % от первоначального содержания. Определите геологический возраст этих животных с учетом периода полураспада  $^{40}\text{K}$  – 300 млн. лет.
5. Пусть бактериальная колония состоит из 1024 клеток. Из них примерно 1,5 % являются мутантными. Рассчитайте, на какой генерации возникла мутация.

### Графические задачи

1. На графике кривые 1 и 2 соответствуют пределам температуры для видов 1 и 2. Вид 2 вытеснит вид 1 в конкуренции в том случае, если:



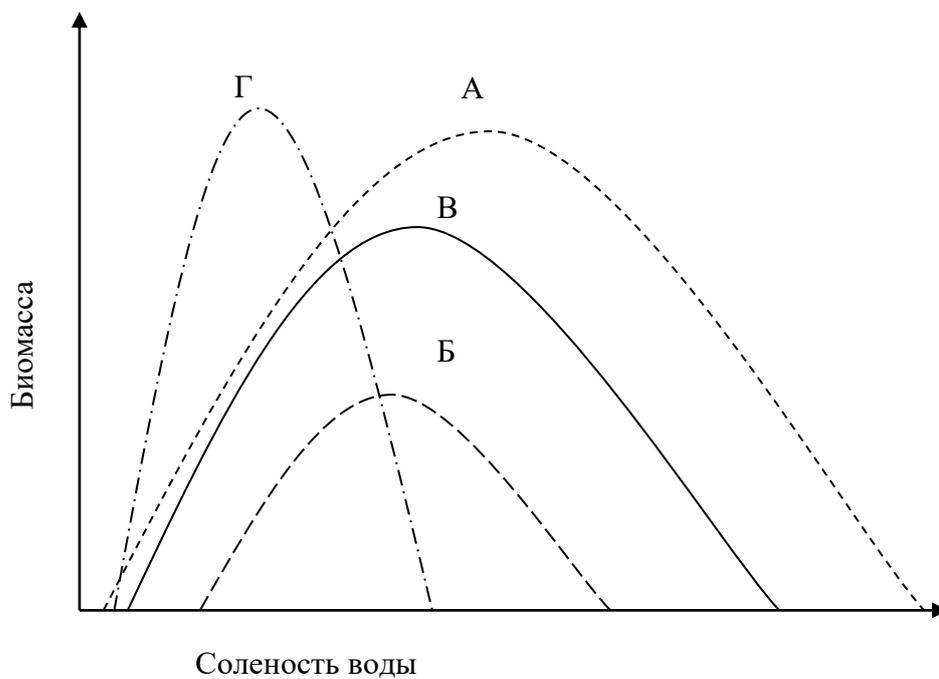
- A. Температура в пределах t<sub>1</sub> — t<sub>2</sub>.
  - B. Температура в пределах t<sub>2</sub> — t<sub>3</sub>.
  - C. Температура ниже t<sub>1</sub>.
  - D. Когда имеются резкие колебания температуры.
  - E. Температура выше t<sub>3</sub>.
2. Относительная скорость роста четырех органов человеческого тела показана на следующих графиках.



Выберите соответствующие графикам органы, внося знак (✓) в соответствующую клетку таблицы.

	P	Q	R	S
Печень	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Мозг	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Вилочковая железа	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Половые железы	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3.** На графике отражено различное отношение обитателей морей и океанов к солености воды. Расположите данные организмы в порядке усиления их стенобионтности.



4. На схеме изображены экологические ниши растений в двухмерном пространстве по двум факторам – плодородию и влажности почвы. Какие из этих растений можно считать 1) эврибионтами по влажности, 2) стенобионтами по плодородию почвы?



### Задачи на построение рефлекторных дуг

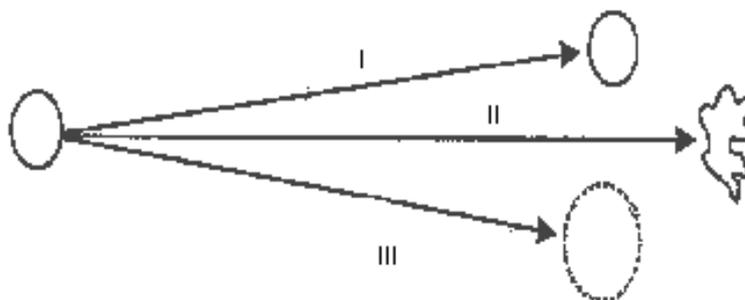
1. Составьте последовательность прохождения нервного импульса по трехнейронной рефлекторной дуге спинального симпатического рефлекса человека, используя все элементы:

1	Аксонал афферентного нейрона
2	тело эфферентного ганглионарного нейрона
3	Тело вставочного нейрона
4	Преганглионарное волокно
5	Постганглионарное эфферентное волокно
6	Афферентное нервное волокно
7	Спинального ганглия
8	Эффектор

### Задачи на состав и свойства крови

1. При определении группы крови человека в стандартных сыворотках I, II, III групп произошла агглютинация исследуемых эритроцитов. Какая группа крови у исследуемого человека?
2. Эритроциты перенесли в три раствора соли с концентрациями I, II и III. Результаты показаны схематически. Соотношение концентраций растворов составляет:

- A.  $I > II > III$ ;
- B.  $II > I > III$ ;
- C.  $I < II < III$ ;
- D.  $II < I > III$ ;
- E.  $I < III < II$ .



3. Определите ориентировочный диагноз на основе анализа крови:
- Количество эритроцитов  $3,0 - 5,1 \times 10^{12}/л$   
Гемоглобин 90 г/л  
Количество лейкоцитов  $6,0 \times 10^{12}/л$   
Количество тромбоциты  $380 \times 10^{12}/л$   
СОЭ (РОЭ) 12 мм/ч

### Задачи на закономерности кровообращения

1. Проследите путь крови, доставляющей кислород от легких к головному мозгу.
2. При лечении заболевания сердца использовали бициллин в виде внутримышечных инъекций в ягодичную мышцу. Проследите путь

перемещения лекарства в организме человека до органа-мишени, выбрав все подходящие элементы из предложенных:

1	Аорта
2	Капилляры ягодичной мышцы
3	Нижняя полая вена
4	Венечная артерия сердца
5	Печень
6	Сердце (камеры)
7	Капилляры легких

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

### Строение и свойства нуклеиновых кислот

Спираль ДНК имеет витки длиной в 10 пар нуклеотидов. Длина одного нуклеотида примерно 0,34 нм, средняя относительная масса нуклеотида 345.

1. В молекуле ДНК обнаружено 570 адениловых нуклеотидов. Они составляют 30% всех нуклеотидов в этой молекуле. Определите: а) число остальных типов нуклеотидов по отдельности; б) относительную молекулярную массу этой молекулы; в) длину этой молекулы.

2. Если вирусная частица имеет двухнитчатую кольцевую молекулу ДНК размером 200 тысяч пар нуклеотидов, то сколько нуклеотидов находится в этой молекуле? Сколько полных витков приходится на эту молекулу ДНК? Сколько атомов фосфора содержится в каждой из нитей ДНК

### Деление клетки

1. Молекула ДНК имеет длину 340 нм. Сколько остатков фосфорной кислоты необходимо для осуществления ее репликации?

2. Даны две группы клеток по 100 диплоидных клеток в каждой. Каждая клетка содержит по 8 хромосом (AABBCCEE). Во всех клетках первой группы произошел митоз, во всех клетках второй группы – мейоз. Определите, количество дочерних клеток в каждой группе и количество хромосом в каждой клетке после деления.

3. Определите, какие гаметы образуют растения со следующим генотипом: (Знак х обозначает место кроссинговера. При отсутствии этого знака в хромосомной записи, считается сцепление генов полным)

а) 1.  $\underline{BC}$   
bc

б)  $\underline{Ad B}$   
ad b

в)  $\underline{AbCd}$   
aBCD

г) A x B  
ab частота кроссинговера 10%

д) A x B x C  
abc

е) ABC x D  
abcd частота кроссинговера 20%

### Задачи на применение закономерностей мутационной изменчивости.

1. В нуклеотидной последовательности фрагмента гена ААГТТ произошла *дупликация* по третьему нуклеотиду. Запишите нуклеотидную последовательность этого фрагмента после дупликации.
2. В нуклеотидной последовательности участка гена ТАЦАГТ произошла *инверсия* на участке 3-5 нуклеотидов. Запишите изменённую нуклеотидную последовательность.

### Генетическая структура популяций

1. Некоторый рецессивный генотип (mm) встречается в популяции с частотой 16%. Рассчитайте частоты аллелей M и m в данной популяции

1. Данная в задаче величина 16% = 0,16 – это частота генотипа mm. Вносим это значение в таблицу.

2. Определяем значение a как корень квадратный из 0,16 – a = 0,4. (m)

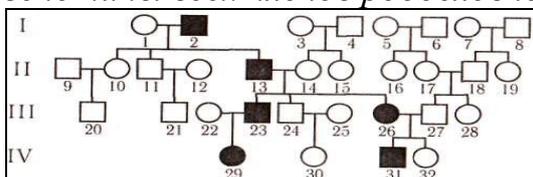
3.  $M = 1 - m, M = 1 - 0,4 = 0,6$

Ответ: m= 0,4; M = 0,6.

2. В некоей панмиктической популяции, состоящей из 10 000 человек встречаются люди всех групп крови. Общее количество людей с первой группой крови составляет в ней 49%, а со второй – 15%. Определите, сколько человек в данной популяции имеют третью и четвертую группы крови.

### Решение генетических задач на составление родословных.

**Задача 1.** Определите характер наследования признака и расставьте генотипы всех членов родословной.



**Решение:**

1. *Определяем тип наследования признака.* Признак проявляется в каждом поколении. От брака 1—2, где отец является носителем признака, родился сын, имеющий анализируемый признак. Это говорит о том, что данный признак является доминантным. Подтверждением доминантного типа наследования признака служит тот факт, что от браков родителей, не несущих анализируемого признака, дети также его не имеют.

2. *Определяем, аутосомным или сцепленным с полом является признак.* В равной степени носителями признака являются лица как мужского, так и женского пола. Это свидетельствует о том, что данный признак является аутосомным.

3. *Определяем генотипы членов родословной.* Введем обозначения генов: А — доминантная аллель, а — рецессивная аллель. В потомстве от браков, в которых один из родителей несет признак, наблюдается расщепление в соотношении 1:1, что соответствует расщеплению при анализирующем скрещивании. Это свидетельствует о гетерозиготности обладателей признака, то есть их генотип Аа. Лица, у которых признак не наблюдается — генотип аа.

**Ответ:** признак наследуется по аутосомно-доминантному типу. Обладатели признака имеют генотип Аа, остальные члены родословной — аа.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

### *Задача № 1*

В первом поколении от скрещивания зеленого и белого волнистых попугайчиков все потомство оказалось зеленым. Во втором поколении выделяются следующие фенотипические классы в отношении: 29 зеленых : 8 желтых : 9 голубых : 2 белых. Каковы генотипы родителей и потомков? Какие еще два фенотипических класса попугайчиков можно скрестить, чтобы получить такое же расщепление в F<sub>2</sub>?

#### *Решение.*

В задаче рассматривается всего один признак — окраска оперения. В первом поколении получено единообразие. Все это говорит в пользу того, что это задача на моногибридное скрещивание. Однако во втором поколении получено расщепление, приблизительно соответствующее **9:3:3:1**. Это означает, что в определении окраски оперения участвуют два гена, взаимодействующие между собой. Единообразие гибридов первого поколения указывает на то, что скрещивались две дигомозиготы — одна по доминанте, а другая по рецессиву. Поскольку в первом поколении все потомство оказалось зеленым, то, следовательно, именно зеленому цвету оперения соответствует генотип ААВВ. Белому же соответствует генотип аавв. В таком случае в первом поколении оказались дигетерозиготы **АаВв**.

Во втором поколении при скрещивании двух дигетерозигот получено четыре фенотипических класса: **9А—В—** (зеленые): **3ааВ—** (предположительно желтые) : **3А—вв** (предположительно голубые): **1аавв** (белые).



мулаты. Определите количество генов, обуславливающих окраску кожи, характер их взаимодействия и генотипы родителей и потомков. Как по-вашему, может ли от брака белой женщины с мулатом или с африканским негром родиться совершенно черный ребенок — негр? Почему?

**Решение**

Расщепление, получаемое в потомстве от брака между мулатами (1 часть — негры, 4 части — темные мулаты, 6 частей - мулаты, 4 части — светлые мулаты и 1 часть — белые) соответствует случайному расщепления при дигибридном наследовании. Следовательно, в определении цвета кожи у человека участвуют два неаллельных гена, имеющих одинаковое фенотипическое проявление и взаимодействующих по типу кумулятивной полимерии. При этом степень пигментации будет зависеть от числа доминантных аллелей. Обозначим гены как  $A_1$  и  $A_2$ . Тогда генотип негра —  $A_1A_1A_2A_2$ , белого —  $a_1a_1a_2a_2$ , мулата —  $A_1a_1A_2a_2$ . Расщепление по генотипам в случае брака между мулатами будет выглядеть так:

Гаметы	$A_1 A_2$	$A_1 a_2$	$a_1 A_2$	$a_1 a_2$
$A_1 A_2$	$A_1A_1 A_2A_2$ негр	$A_1A_1 A_2a_2$ тёмный мулат	$A_1a_1 A_2A_2$ тёмный мулат	$A_1a_1 A_2a_2$ мулат
$A_1 a_2$	$A_1A_1 A_2a_2$ тёмный мулат	$A_1A_1 a_2a_2$ мулат	$A_1a_1 A_2a_2$ мулат	$A_1a_1 a_2a_2$ светлый мулат
$a_1 A_2$	$A_1a_1 A_2A_2$ тёмный мулат	$A_1a_1 A_2a_2$ мулат	$a_1a_1 A_2A_2$ мулат	$a_1a_1 A_2a_2$ светлый мулат
$a_1 a_2$	$A_1a_1 A_2a_2$ мулат	$A_1a_1 a_2a_2$ светлый мулат	$a_1a_1 A_2a_2$ светлый мулат	$a_1a_1 a_2a_2$ белый

На вопрос о том, может ли от брака белой женщины и негра родиться совершенно черный ребенок, можно ответить нет, так как происходит скрещивание:  $A_1A_1A_2A_2 \times a_1a_1a_2a_2$ . В этом случае ребенок всегда будет с промежуточным цветом кожи — мулат. От брака белой женщины с мулатом (возможные генотипы:  $A_1a_1A_2a_2$ ;  $A_1A_1a_2a_2$ ;  $a_1a_1A_2A_2$ ) тем более возможно рождение мулатов, светлых мулатов и белых, но не негров.

**Задача № 4**

При скрещивании двух растений пастушьей сумки, имевших треугольную форму плода, из 177 растений первого поколения у двенадцати плоды оказались овальной формы. Как можно объяснить такое необычное расщепление? Напишите генотипы родительских растений и их потомков. С каким растением надо скрестить родительские формы, чтобы подтвердить ваше предположение? Какие потомки и в каком соотношении ожидаются в результате этих скрещиваний?

**Решение**

Соотношение при расщеплении в первом поколении составляет приблизительно 15:1, что говорит в пользу кумулятивной полимерии.

Родительские формы в этом случае должны быть дигетерозиготны, а растения с плодами овальной формы из  $F_1$  — дигомозиготны по рецессиву. Если провести скрещивание таких особей с любой из родительских, то должно получиться расщепление по фенотипу **3:1**, т. е. на каждые три особи с плодом треугольной формы должна появиться одна особь овальной формой плода:

$$P \quad \text{♀ } A_1a_1A_2a_2 \times \quad \text{♂ } A_1a_1A_2a_2;$$

треуг.треуг.

$F_1$  **165 (15)** с треугольными плодами ( $9A_1—A_2— + + 3A_1—a_2a_2 + 3a_1 a_1 A_2—$ ):  
**12 (1)** с овальными плодами ( $a_1a_1a_2a_2$ );

$F_2$  ( $1A_1a_1A_2a_2 + 1a_1a_1A_2a_2 + 1A_1a_1a_2a_2$ ) — с треугольными плодами;  
 $1a_1a_1a_2a_2$  — с овальными плодами.

84. При скрещивании растений пшеницы, у которых развивается красное зерно, с белозерными растениями в потомстве было получено **584** краснозерных и **86** белозерных растений. Почему? Объясните. Белое зерно — рецессивный признак.

**Решение.** Соотношение при расщеплении соответствует примерно **7:1**. Очевидно, что такое соотношение не известно ни при моногибридном, ни при дигибридном скрещивании. А вот различие по трем парам аллелей здесь можно предположить. Если учесть, что белое зерно — рецессивный признак, то приведенное скрещивание является не чем иным, как анализирующим (скрещивание с белозерными растениями). При тригибридном анализирующем скрещивании должно появиться по Г. Менделю 8 классов с равными численностями (соотношение **1 : 1 : : 1 : 1 : 1 : 1 : 1**), семь из которых будут иметь красное зерно и только один — белое. Очевидно, такое вполне возможно при полимерии:

$$P \quad A_1a_1A_2a_2A_3a_3 \times A_1a_1a_2a_2a_3a_3$$

краснозерные белозерные

$$F_1 \quad A_1— \quad A_2— \quad A_3— \quad :$$

$$a_1a_1a_2a_2a_3a_3$$

$\frac{7}{8}$  краснозерные  $\frac{1}{8}$  белозерные