

Ломоносов 2022. Биология
Задание 10 – 11 класса
Вариант 3



Задача 1. (6 баллов).

На рисунке представлены фотографии поперечных срезов различных органов высших растений. Сопоставьте номер рисунка с названием органа, изображенного на нем. Ответ дайте в виде шифра. Например: Ж – 1

Органы высших растений:

1. Корень
2. Стебель
3. Лист

**Ответ: А – 1; Б – 3; В – 1;
Г – 2; Д – 2; Е – 2.**

Задача 2. (10 баллов).

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

Подкласс: А – однодольные; Б – двудольные.

Листорасположение: В – очередное;

Г – супротивное; Д – мутовчатое.

Листовые пластинки: Е – сложные; Ж – простые.

Стебель: З – цилиндрический; И – ребристый;

К – крылатый.

Соцветие: Л – кисть; М – колос; Н – корзинка;

О – цветки одиночные.

Цветки: П – обоеполые; Р – однополые.

Завязь: С – нижняя; Т – верхняя.

Плод: У – семянка; Ф – зерновка; Х – гесперидий;

Ц – ягода; Ч – боб; Ш – коробочка.

Околоцветник: Z – редуцированный; V – простой;

W – двойной.

Жизненная форма: F – фанерофит; Э – хамефит;

Ю – гемикриптофит; Я – терофит.

Ответ: Б, В, Ж, К, О, П, С, Ц, W, Э.

Задача 3. (3 балла).

В каком порядке в световой фазе фотосинтеза идет транспорт электронов по белковым комплексам:

А. Водородокисляющий комплекс – фотосистема II – цитохром-b/f-комплекс – пластоцианин – фотосистема I – ферредоксин.

Б. Водородокисляющий комплекс – фотосистема I – цитохром-b/f-комплекс – пластоцианин – фотосистема II – ферредоксин.

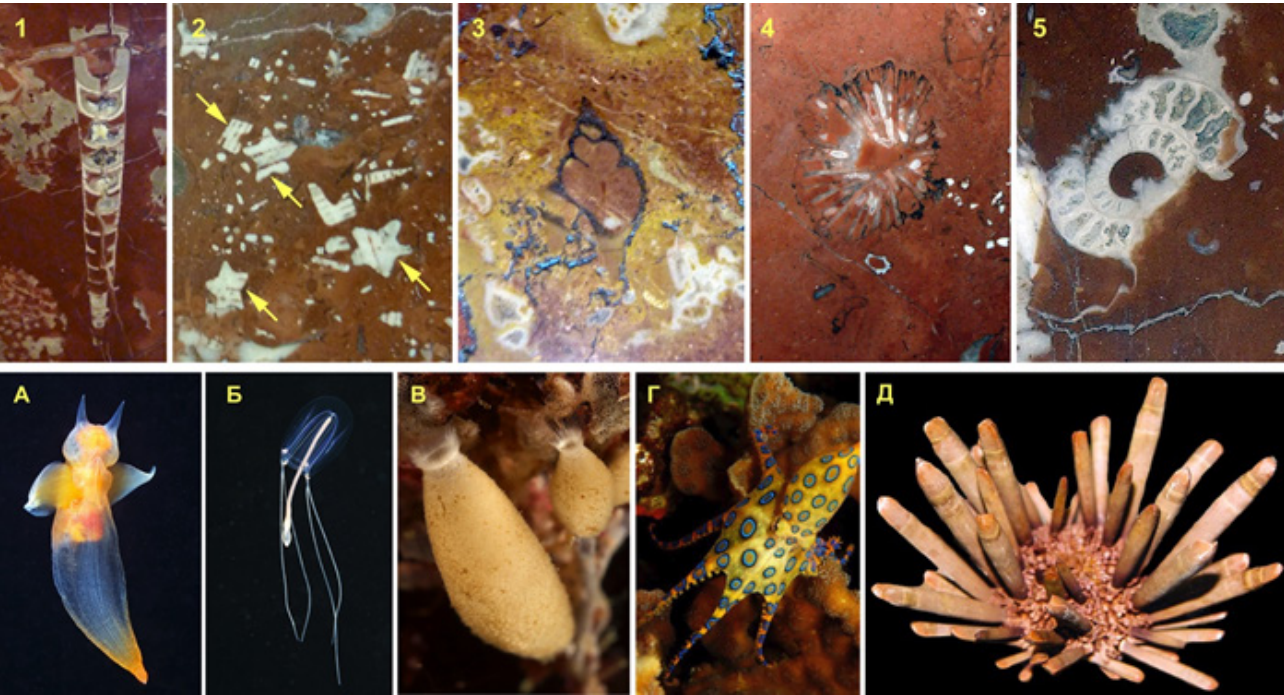
В. Водородокисляющий комплекс – фотосистема II – цитохром-b/f-комплекс – ферредоксин – фотосистема I – пластоцианин.

Г. Водородокисляющий комплекс – фотосистема II – цитохром-b/f-комплекс – пластоцианин – фотосистема I – АТФ-синтазный комплекс.

Д. Фотосистема II – цитохром-b/f-комплекс – пластоцианин – фотосистема I – ферредоксин – водородокисляющий комплекс.

Задача 4. (15 баллов). Рассмотрите фотографии ископаемых (1 – 5), обнаруженных в отделке стен станций метро в Москве.

Установите соответствие между ископаемыми (1 – 5) и ныне живущими организмами (А – Д), которые занимают максимально близкое к ним положение в системе. Одному ископаемому животному может соответствовать несколько современных животных.



1 – прямораквинный головоногий моллюск (вероятно, из ортоцератоидей, *Orthocera-toidea*) – тип Моллюски, класс Головоногие. Среди представленных современных животных два моллюска, из них только один головоногий (**Г**). Таким образом, это максимально близкое в системе современное животное, соответствие **1 – Г**.

2 – членики стебельков морских лилий, тип Иголокожие (*Echinodermata*), класс Морские лилии (*Crinoidea*). Среди представленных современных животных только одно игокожее – морской ёж (**Д**). Таким образом, это максимально близкое в системе современное животное, соответствие **2 – Д**.

3 – раковина брюхоногого моллюска, тип Моллюски, класс Брюхоногие. Среди представленных современных животных два моллюска, из них только один брюхоногий – морской ангел *Clione* (**А**). Таким образом, это максимально близкое в системе современное животное, соответствие **3 – А**.

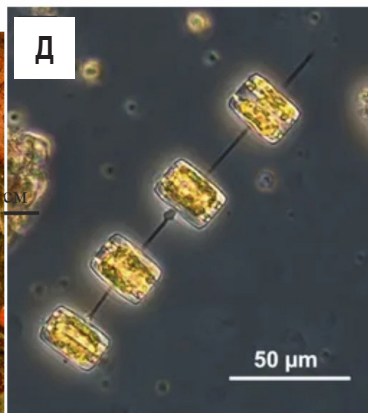
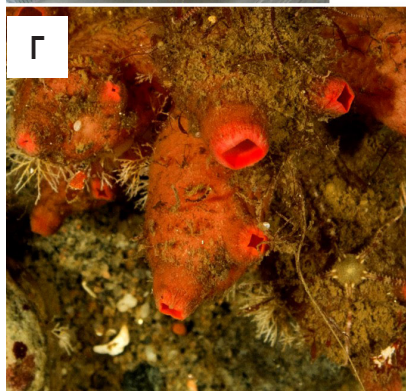
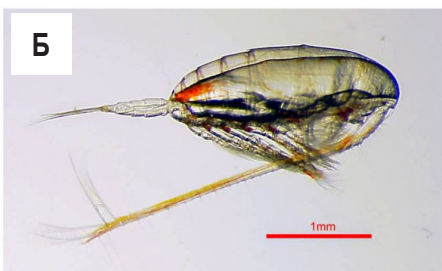
4 – поперечный срез кораллового полипа с твёрдым скелетом, тип Кишечнополостные (Стрекающие). Среди представленных современных животных только одно относится к типу Стрекающие – медуза *Sarsia* (**Б**). Таким образом, это максимально близкое в системе современное животное, соответствие **4 – Б**.

5 – раковина аммонита (спирально закрученная, с волнистыми поперечными перегородками) – тип Моллюски, класс Головоногие. Среди представленных современных животных два моллюска, из них только один головоногий (**Г**). Таким образом, это максимально близкое в системе современное животное, соответствие **5 – Г**.

В – современная известковая губка, а среди представленных ископаемых нет губкоподобных организмов.

Ответ:	Ископаемые организмы	1	2	3	4	5
	Современные организмы	Г	Д	А	Б	Г

Задача 5. (7 баллов). Выберите из изображенных на фотографиях организмы, которые составляют максимально длинную пищевую цепь. Запишите её в виде последовательности букв.



Ответ: Д → Б → Е → В

Задача 6 (10 баллов). Форма, материал и месторасположение гнезда помогают выяснить, кто его хозяин. Перед вами – фотографии нескольких гнёзд и изображения птиц фауны России. Сопоставьте каждому гнезду, обозначенному буквами, птицу-хозяина, помеченную цифрами. Ответ запишите в виде последовательности букв и цифр, а также выберите название птицы из списка.

Например: **Ж – 15** (сокол-сапсан).

Список птиц: болотная камышевка; большая синица; городская ласточка; деревенская ласточка; зяблик; крапивник; мухоловка-пеструшка; певчий дрозд; пеночка-весничка; поползень обыкновенный; славка-черноголовка; сорока обыкновенная.



1



7



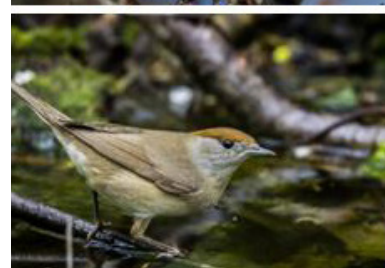
2



8



3



9



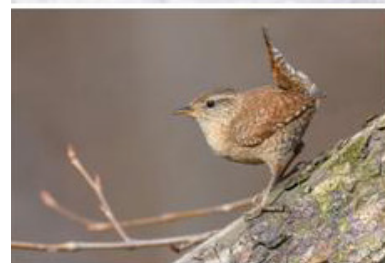
4



10



5



11

6



12

Гнездо **А** расположено под карнизом и построено в основном из глины. Этот материал используют ласточки. Городскую ласточку от деревенской ласточки отличает размер летка (у деревенской он существенно больше). Гнездо **А** принадлежит городской ласточке (4).

Гнездо в виде варежки из веток ели с боковым входом и вкраплением сухого папоротника (фото **Б**) характерно для крапивника (11).

Гнездо **В** не может принадлежать дуплогнездникам. У дроздов яйца голубые (на фото – коричневые), камышевки делают гнездо на траве, пеночки – из травы на земле. Крапивник и сорока строят закрытое гнездо, ласточки используют иной материал гнезда. Для поползня есть отдельное фото с вымазанной дуплянкой (это сугубо его черта), у зяблика гнездо украшается снаружи лишайником и сильно утепляется (мхом, волосами). Соответственно, для гнезда **В** остается только один вариант – славка-черноголовка (9). На фото видны веточки и тонкий ствол ели, что подсказывает, что гнездо расположено на молодой и невысокой ёлке – славка-черноголовка строит гнёзда примерно на высоте груди человека. Другая подсказка – почти полное отсутствие в её гнезде тёплой выстилки, т.к. она размножается достаточно поздно, когда уже относительно тепло.

Дуплянка с гнездом синицы хорошо узнаётся по стенке (плюс утеплённое гнездо и белые с крапинами яйца). Таким образом, **Г** – это гнездо большой синицы (3).

В дуплянке поползня виден слегка вымазанный изнутри леток. Типичным для этого вида является обмазывание глиной летка (входного отверстия) с целью его уменьшения. Этот видовой стереотип адаптивен, если поползни делают гнезда в естественных дуплах, но в дуплянках, где леток имеет подходящий размер, его не надо уменьшать и поползни его не должны обмазывать. Но стереотип работает, и в данном случае леток все равно вымазан глиной. Соответственно, гнездо **Д** принадлежит поползню (2).

Ответы:

А – 4 (городская ласточка); Б – 11 (крапивник); В – 9 (славка-черноголовка); Г – 3 (большая синица); Д – 2 (поползень)

Задача 7 (6 баллов).

В теории популяций экспоненциальный рост описывается уравнением Мальтуса:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = rN,$$

где $r = \text{const}$, причём $r = b - m$;

b (*birth rate*) и m (*mortality*) – коэффициенты рождаемости и смертности соответственно.

Коэффициент рождаемости можно определить путём наблюдений: это число рожденных за некоторый промежуток времени, отнесённое к числу особей в популяции. Аналогично, коэффициент смертности – это число умерших за определенный промежуток времени, отнесённое к числу особей в популяции.

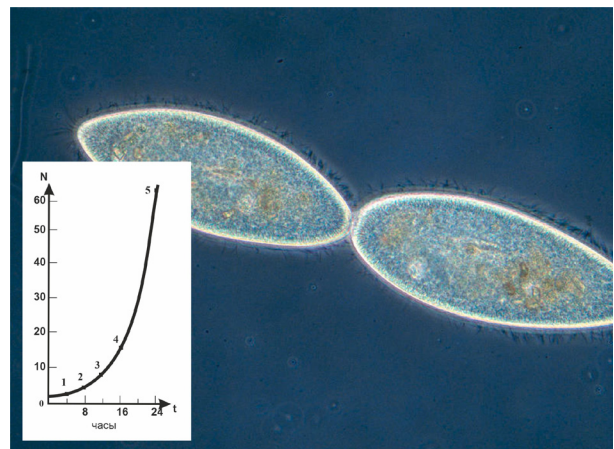
Решением уравнения Мальтуса является функция:

$$N(t) = N_0 \times e^{rt},$$

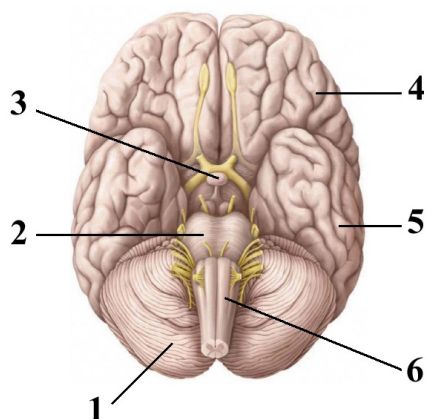
где N_0 – численность популяции в начальный момент ($t = 0$).

Экспоненциальный рост популяции инфузории туфельки *Paramecium caudatum*, показанный на рисунке, описывается уравнением данным уравнением.

Рассчитайте коэффициент рождаемости в популяции в точках, обозначенных на рисунке цифрами 2, 4 и 5 если известно, что в точке 1 эта **величина равна 2**. При этом считайте, что коэффициент смертности не зависит от числа особей в популяции.



Ответ: т.к. $r = \text{const}$ и $m = \text{const}$ (не зависит от числа особей в популяции), то коэффициент рождаемости b постоянен и равен 2 во всех точках.



Названия структур:

- А** – средний мозг
- Б** – мозжечок
- В** – продолговатый мозг
- Г** – гипофиз
- Д** – височная доля
- Е** – лобная доля
- Ж** – затылочная доля
- З** – мост

Ответ: 1 – Б – II; 2 – З – III; 3 – Г – VI;
4 – Е – VIII; 5 – Д – V; 6 – В – IV.

Задача 8 (14 баллов). На рисунке показаны структуры мозга человека. Укажите названия и функции этих структур. Ответ дайте в виде шифра: арабская цифра (на рисунке) – буква – римская цифра. Например: 7 – Л – IX.

Функции:

- I** – первичные и вторичные зоны обработки зрительной информации.
- II** – отвечает за тонкую координацию движений.
- III** – связывает передний мозг с мозжечком и другими структурами ствола; здесь находятся ядра лицевого, отводящего и тройничного нервов.
- IV** – проводниковая функция, замыкание рефлекторных дуг многих безусловных рефлексов (чихание, кашель, слюноотделение); здесь находятся центры регуляции дыхания, кровообращения, пищеварения.
- V** – первичная зона обработки информации от органа слуха, узнавание лиц.
- VI** – выделяет в кровь несколько гормонов.
- VII** – замыкаются дуги зрительных и слуховых ориентировочных рефлексов, старт-рефлекса, зрачкового рефлекса.
- VIII** – планирование действий, регуляция и контроль деятельности, социальное взаимодействие.

Укажите **номер структуры**, повреждение которой приводит к возникновению следующих симптомов: пациент неустойчив, промахивается при попытке коснуться кончика носа указательным пальцем (с закрытыми глазами).

Ответ: Структура №1 (мозжечок).

Задача 9. (14 баллов).

Из природного источника был выделен вид бактерий, устойчивых к окислительному стрессу. Оказалось, что устойчивость обеспечивается накоплением пептида, содержащего SH-группу. Определена последовательность нуклеотидов ДНК в области, кодирующей этот ген:

5' - ЦААТЦТГЦАТГГЦАААЦТАЦТГТГГААЦГГТЦАТГТГТААТЦГА - 3'.

(Считывание РНК идёт с комплементарной цепи ДНК, которая не показана.)

А. Сколько аминокислот содержит этот пептид? Дайте ответ в виде конкретного числа.

Б. Приведите аминокислотную последовательность этого пептида.

Например: аланин–серин–гистидин–... и т.д.

В. Какая аминокислота отвечает за антиоксидантные свойства пептида? Укажите её название и номер по порядку от N-конца в пептиде.

Г. Под действием рентгеновского облучения был получен мутантный штамм бактерий, не устойчивый к окислительному стрессу. Оказалось, что у него **цитозин**, выделенный красным, заменён на аденин. Антиоксидантный пептид не обнаруживался, но накапливались два других, более коротких пептида закодированных в этом участке ДНК.

Сколько аминокислот содержат эти пептиды? Дайте ответ в виде конкретных чисел.

Д. Приведите аминокислотную последовательность этих пептидов.

Например: аланин–серин–гистидин–... и т.д.

Таблица генетического кода

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

Решение.

Так как белок синтезируется на матрице РНК, переведем последовательность ДНК

5' - ЦААТЦТГЦАТГГЦАААЦТАЦТГТГГААЦГГТЦАТГТГТААТЦГА - 3'

в последовательность РНК. Для этого заменяем в последовательности Т на У:

5' - ЦААУЦУГЦАУГГЦАААЦУАЦУГУГГААЦГГУЦАУГУГУААУЦГА - 3'

Синтез белка начинается с кодона АУГ. Находим такой кодон, он один и выделен жёлтым. Начиная с него, разбиваем последовательность на триплеты.

5' - ЦААУЦУГЦ **АУГ** ГЦА ААЦ УАЦ УГУ ГГА АЦГ ГУЦ АУГ УГУ ААУ ЦГА - 3'

По таблице генетического кода переводим последовательность РНК в аминокислоты.

N-конец–Метионин–Аланин–Аспарагин–Тирозин–**Цистеин**–Глицин–Треонин–Валин–Метионин–**Цистеин**–Аспарагин–Серин–...–С-конец

Поскольку на представленном участке РНК не встречается стоп-кодон, пептид может продолжаться далее. Таким образом, этот пептид содержит **не менее 12 аминокислот**.

Антиоксидантные свойства пептида обусловлены SH-группами двух **цистеинов**, расположенных в середине пептида. Они занимают положения **№5** и **№10** от N-конца.

В результате мутации РНК, закодированная на этом участке, приобрела следующий вид:

5' - ЦААУЦУГЦ **АУГ** ГЦА ААЦ **УАА** УГУ ГГА АЦГ ГУЦ АУГ УГУ ААУ ЦГА - 3'

В результате появился новый стоп-кодон **УАА** (выделен зелёным), а пептид укорачивается до **трёх аминокислот**:

N-конец–Метионин–Аланин–Аспарагин–[стоп-кодон] *C-конец*

Кроме того, появился новый иницирующий кодон **АУГ** (выделен жёлтым) и новая рамка считывания:

5'-ЦААУЦУГЦАУГГЦАААЦУА **АУГ** УГГ ААЦ ГГУ ЦАУ ГУГ **УАА** УЦГ А -3'

N-конец–Метионин–Триптофан–Аспарагин–Глицин–Гистидин–Валин–[стоп-кодон] *C-конец*

Эта рамка кодирует пептид, состоящий из **шести аминокислот**. Оба пептида не содержат цистеина и SH-групп и не могут служить антиоксидантами.

В принципе в РНК можно найти еще один инициаторный кодон:

5'-ЦААУЦУГЦ АУГ ГЦА ААЦ УАА УГУ ГГА АЦГ ГУЦ **АУГ** УГУ ААУ ЦГА -3'

Однако за ним следует кодон **УГУ** (Цистеин). По-видимому, с третьего кодона **АУГ** синтез белка не иницируется, поскольку тогда в клетке после мутации появлялось бы три пептида, причём один из них – с цистеином, т.е. с антиоксидантными свойствами, что противоречит условию задачи.

Ответы:

А. Закодированный пептид имеет длину не менее 12 аминокислот. (2 балла)

Б. Последовательность пептида:

Метионин–Аланин–Аспарагин–Тирозин–Цистеин–Глицин–Треонин–Аргинин–Метионин– Цистеин–Аспарагин–Серин–... (3 балла)

В. За антиоксидантные свойства отвечают остатки цистеина в положениях № 5 и № 10 от N-конца. (1 балл: указано, что цистеин; 1 балл: положение № 5; 1 балл: положение № 10. Итого: 3 балла)

Г. После мутации новые пептиды содержат 3 и 6 аминокислот. (2 балла)

Д. Аминокислотные последовательности двух пептидов:

Пептид 1: Метионин–Аланин–Аспарагин. (2 балла)

Пептид 2: Метионин–Триптофан–Аспарагин–Глицин–Гистидин–Валин. (2 балла)

Задача 10 (15 баллов). За группу крови у человека отвечает ген I . В популяции представлено три аллеля: I^0 , I^A и I^B . Соответственно, гомозиготы I^0I^0 обладают I группой крови (0), люди с генотипами I^AI^A или I^AI^0 – II группой (A), с генотипами I^BI^B или I^BI^0 – III группой (B), а люди с генотипом I^AI^B – IV группой крови (AB).

В одном из штатов Индии в результате медосмотра выявлено, что среди местного населения 13% с II группой крови (A) и 6% с IV группой крови (AB).

Считая популяцию харди-вайнберговской, рассчитайте частоту встречаемости аллелей, контролирующих АВ0-систему и долю людей с I и III группами крови среди жителей этого штата Индии.

Для справки: $D = b^2 - 4ac$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$

Решение:

Обозначим частоту встречаемости аллеля I^0 как p , аллеля I^A как q и аллеля I^B как r . Тогда частоты встречаемости каждой из групп крови в популяции одного из штатов Индии, согласно закону Харди-Вайнберга, можно графически представить в виде следующей схемы.

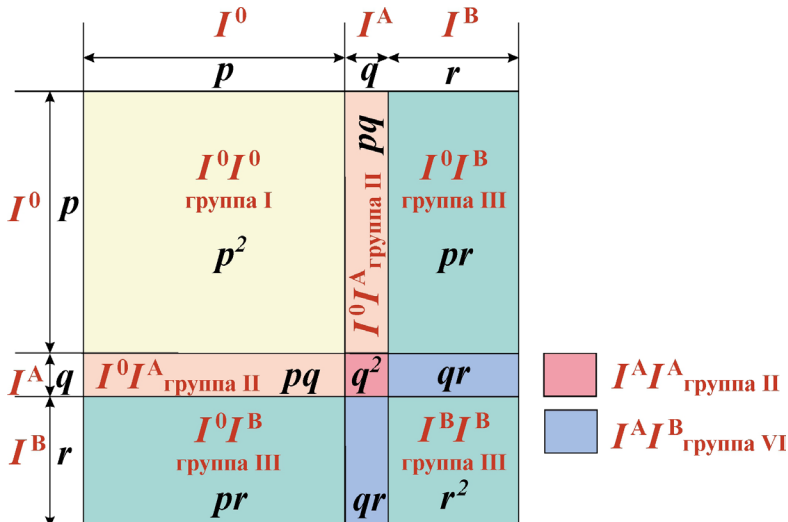
Очевидно, что сумма частот встречаемости всех аллелей равна единице:

$$p + q + r = 1 \text{ [уравнение 1]}$$

Таким образом, любая из частот меньше или равна единице: $p \leq 1$; $q \leq 1$ и $r \leq 1$.

Из условия нам известна частота встречаемости II (B) группы крови: 13% (или 0.13).

Её можно выразить через частоты соответствующих аллелей следующим образом:



$$q^2 + 2pq = 0.13 \text{ [уравнение 2]}$$

IV (AB) группа встречается с частотой 6% (или 0.06).

Её также можно выразить через частоты соответствующих аллелей:

$$2qr = 0.06 \text{ [уравнение 3]}$$

Из уравнения [3] следует, что

$$r = 0.03/q$$

Исходя из этого, выразим p через q :

$$p + q + r = 1$$

$$p + q + 0.03/q = 1$$

$$p = 1 - q - 0.03/q$$

Теперь подставим полученное выражение в уравнение [2]:

$$q^2 + 2pq = 0.13$$

$$q^2 + 2q \times (1 - q - 0.03/q) = 0.13$$

Раскроем скобки и упростим:

$$\begin{aligned}q^2 + 2q - 2q^2 - 0.06 &= 0.13 \\-q^2 + 2q - 0.06 &= 0.13 \\q^2 - 2q + 0.19 &= 0\end{aligned}$$

Найдём корни полученного квадратного уравнения:

$$D = 22 - 4 \times 1 \times 0.19 = 4 - 0.76 = 3.24$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{3.24} = 1.8$$

$$q_{1,2} = (2 \pm 1.8)/2$$

$$q_1 = (2 + 1.8)/2 = 3.8/2 = 1.9, \text{ что не удовлетворяет условию } q \leq 1$$

$$q_2 = (2 - 1.8)/2 = 0.2/2 = 0.1$$

Итак, частота встречаемости аллеля I^A равна 0.1 (или 10%).

Найдём частоты встречаемости остальных аллелей:

$$r = 0.03/q = 0.03/0.1 = 0.3 \text{ (или 30\%).}$$

Частота встречаемости аллеля I^0 равна:

$$p = 1 - q - r = 1 - 0.1 - 0.3 = 0.6 \text{ (или 60\%).}$$

Теперь по схеме определим встречаемость остальных групп крови среди населения одного из штатов Индии.

Группа I (0):

$$p^2 = (0.6)^2 = 0.36 \text{ (или 36\%).}$$

Группа III (B):

$$r^2 + 2pr = (0.3)^2 + 2 \times 0.6 \times 0.3 = 0.09 + 0.36 = 0.45 \text{ (или 45\%).}$$

Ответ:

Частота встречаемости аллелей:

$$I^0: p = 0.6 \text{ (или 60\%);}$$

$$I^A: q = 0.1 \text{ (или 10\%);}$$

$$I^B: r = 0.3 \text{ (или 30\%).}$$

Частота встречаемости групп крови:

$$\text{Группа I (0): } 0.36 \text{ (или 36\%).}$$

$$\text{Группа III (B): } 0.45 \text{ (или 45\%).}$$

Итого: 100 баллов за все задания