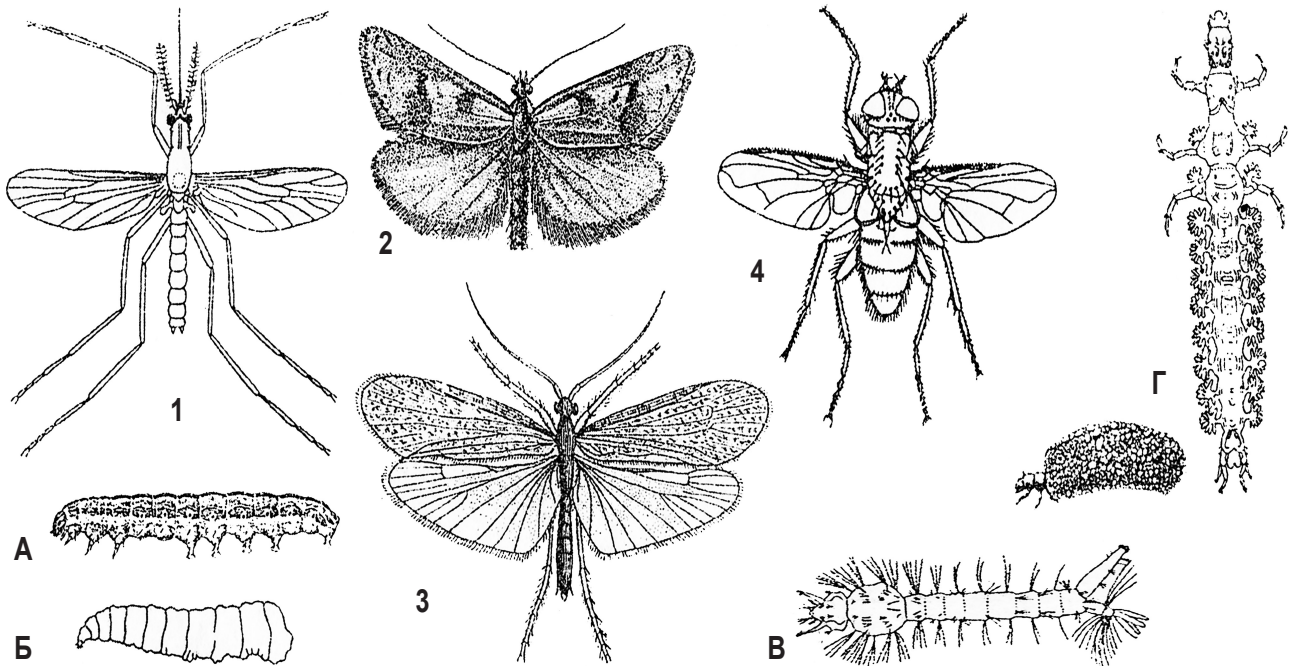


Задание 10 – 11 класса. Вариант I (Ответы)

Блок 1 [5]

Задача 1. (8 баллов)

Найдите соответствие между личинками (обозначены буквами) и взрослыми насекомыми (имаго), обозначенными цифрами. Ответ дайте в виде шифра. (Личинка Г представлена на двух рисунках).



Ответ: 1 – В (Комар); 2 – А (Бабочка); 3 – Г (Ручейник); 4 – А (Муха).

Задача 2. (2 балла)

В каком порядке следуют метаболиты С-4 цикла у кукурузы:

А. Фосфоенолпируват (ФЕП) – оксалоацетат (ЩУК) – малат (яблочная кислота) – пируват.

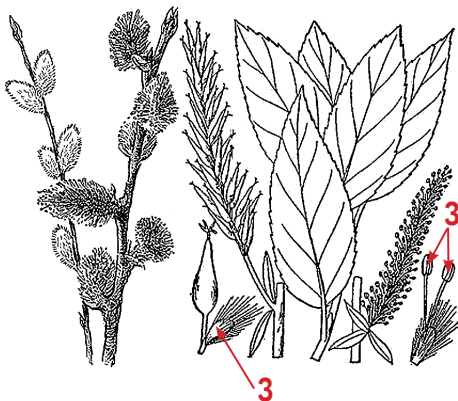
Б. Оксалоацетат (ЩУК) – фосфоенолпируват (ФЕП) – малат (яблочная кислота) – пируват.

В. Фосфоенолпируват (ФЕП) – малат (яблочная кислота) – оксалоацетат (ЩУК) – пируват.

Г. Малат (яблочная кислота) – фосфоенолпируват (ФЕП) – оксалоацетат (ЩУК) – пируват.

Д. Пируват – оксалоацетат (ЩУК) – малат (яблочная кислота) – фосфоенолпируват (ФЕП).

Ответ: А.



Задача 3. (10 баллов). С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рис.

Семейство: А – Розоцветные; Б – Крестоцветные;

В – Паслёновые; Г – Бобовые; Д – Ивовые; Е – Злаковые.

Цветок: Ж – актиноморфный; З – зигоморфный;

И – неправильный

Плод: К – ягода; Л – орешек; М – костянка; Н – зерновка;

О – семянка; П – стручок; Р – стручочек; С – боб;

Т – коробочка;

Околоцветник: У – двойной; Ф – простой; Х – редуцированный

Жизненная форма: Ц – фанерофит; Ч – хамефит;

Э – гемикриптофит; Ю – терофит; Я – криптофит.

Ответ:

Д (Ивовые);

З (цветок зигоморфный – видно по двум тычинкам мужского цветка и по женскому цветку с двумя плодолистками и кроющей чешуёй, через которую проходит ось симметрии – см. стрелки);

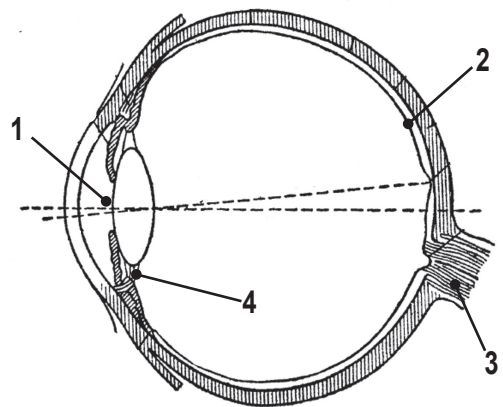
Т (плод – коробочка);

Х (околоцветник редуцированный);

Ц (жизненная форма – фанерофит).

Задача 4. (8 баллов). На рисунке ► показана схема строения глаза. Укажите, какие структуры на рисунке обозначены цифрами 1–4:

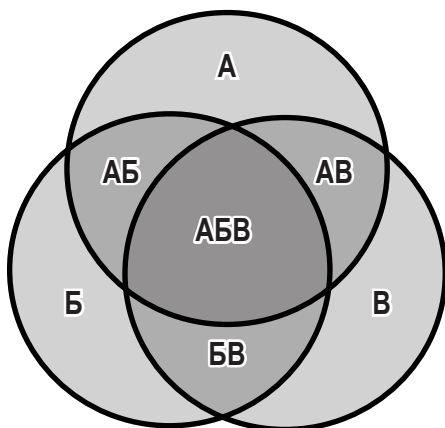
- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| А. Циннова связка хрусталика. | Ж. Зрачок. |
| Б. Роговица. | З. Радужная оболочка. |
| В. Стекловидное тело. | И. Коронарный сосуд. |
| Г. Островок Лангерганса. | К. Хрусталик. |
| Д. Зрительный нерв. | Л. Склера. |
| Е. Сетчатка. | М. Передняя камера. |



Ответ:

- 1 – Ж (зрачок);
 2 – Е (сетчатка);
 3 – Д (зрительный нерв);
 4 – А (Циннова связка хрусталика).

Блок 2 [3]



Задача 5. (9 баллов).

А, Б, В – три различных типа животных. Совокупность признаков (особенностей строения и развития), присущих каждому типу, показана на схеме кругом – три круга: А, Б, В. Области пересечения двух кругов отображают особенности, свойственные одновременно двум типам, и обозначены двумя соответствующими буквами (например, АБ – это множество признаков, свойственных представителям типа А и типа Б, но не типа В). Область АБВ соответствует признакам, общим для представителей всех трёх типов. В таблице перечислены некоторые из признаков, соответствующих каждому из множеств на схеме.

Множества признаков на схеме	Признаки
А	Органы выделения – протонефридии
Б	Обширная вторичная полость тела
В	Два зародышевых листка
АБ	Три зародышевых листка
АВ	Отсутствует анальное отверстие
БВ	Преобладает радиальная симметрия
АБВ	Имеется нервная система

Назовите типы животных, обозначенных **А**, **Б** и **В**.

Ответ: А – тип Плоские черви; Б – тип Иглокожие; В – тип Кишечнополостные (Стрекающие)

Критерий: если указано альтернативное, но верное название типа (например, Кишечнополостные=Стрекающие, Круглые черви=Нематоды) – **3 балла**. Если вместо названий типов указаны названия подтипов или классов (например, Позвоночные вместо Хордовые, Малощетинковые вместо Кольчатые черви и т.п.) – **1 балл**.

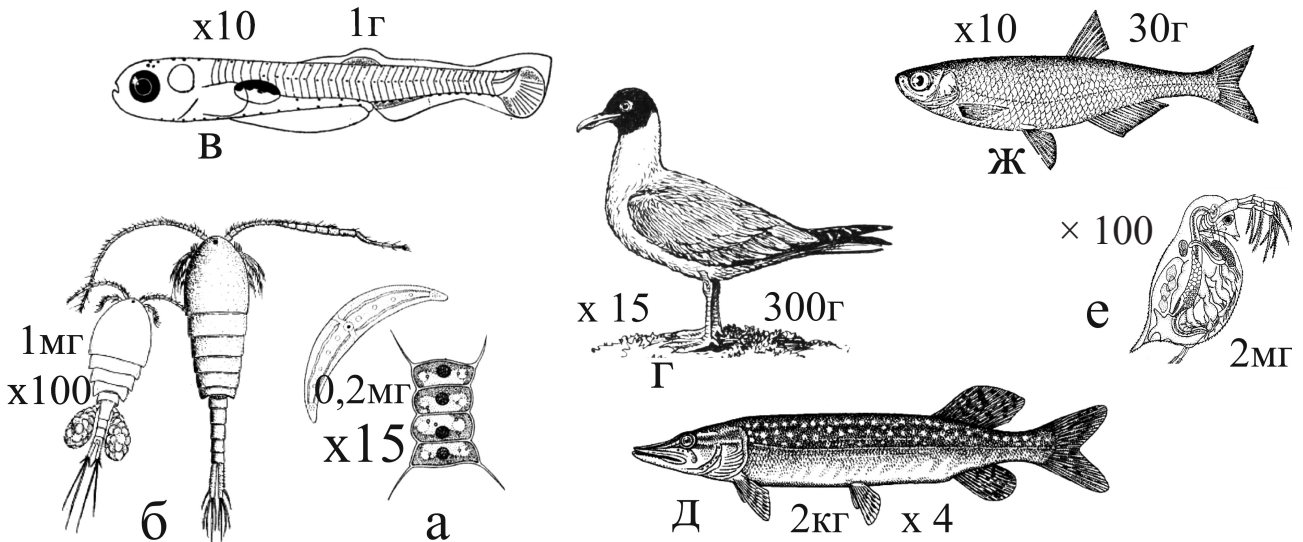
Задача 6. (15 баллов).

Концентрирование (биоаккумуляция) в пищевых цепях ксенобиотиков – химических соединений, чужеродных для живого организма – является серьезной проблемой. На рисунке представлены животные пищевые цепи пресного водоёма. Химический анализ установил содержание пестицидов в тканях уклеи, равное 0.75 мг/кг.

А. Постройте пищевые цепи.

Б. Рассчитайте количество пестицидов в каждом организме и в воде.

Цифры на рисунке – коэффициенты биоаккумуляции пестицидов для данного вида животных и водорослей, которые показывают во сколько раз концентрация пестицидов в организме больше, чем в окружающей среде (для продуцентов) или в пище (для консументов). Также указана масса организма.



Решение.

1. Для решения первым шагом необходимо построить пищевые цепи. Возможно три варианта пищевых цепей:

- А.** а → б или е → в;
- Б.** а → б или е → ж → г;
- В.** а → б или е → ж → д.

2. По условию задачи известно содержание пестицидов в тканях уклеи, поэтому можно рассчитать содержание пестицидов в тканях щуки и далее по цепи, сначала в мг/кг, а затем в целом.

По цепи [а → б или е → ж → д] можно рассчитать:

Концентрация в организме	Общее содержание в организме
д (щука) = 0.75 мг/кг × 4 = 3 мг/кг	3 мг/кг × 2 кг = 6 мг
б (зоопланктон) = 0.75 мг/кг : 10 = 0.075 мг/кг	0.075 мг/кг × 1 × 10 ⁻⁶ мг = 7.5 × 10 ⁻⁸ мг
е (зоопланктон) = 0.75 мг/кг : 10 = 0.075 мг/кг	0.075 мг/кг × 2 × 10 ⁻⁶ мг = 15 × 10 ⁻⁸ мг
а (фитопланктон) = 0.075 мг/г : 100 = 0.00075 мг/кг	0.00075 мг/кг × 0.2 × 10 ⁻⁶ мг = 0.15 × 10 ⁻⁹ мг
вода = 0.00075 мг/кг : 15 = 0.00005 мг/кг или мг/л	

По цепи [а → б или е → в] можно рассчитать:

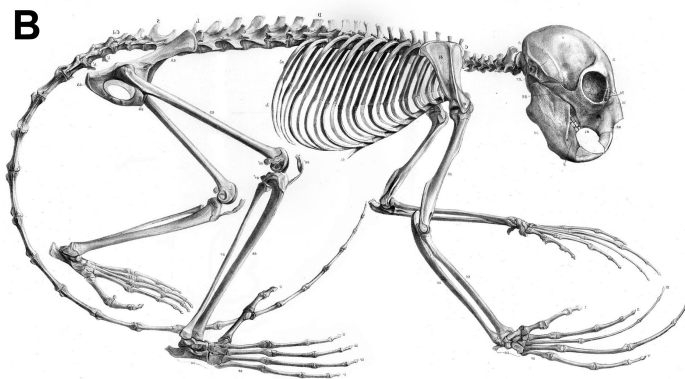
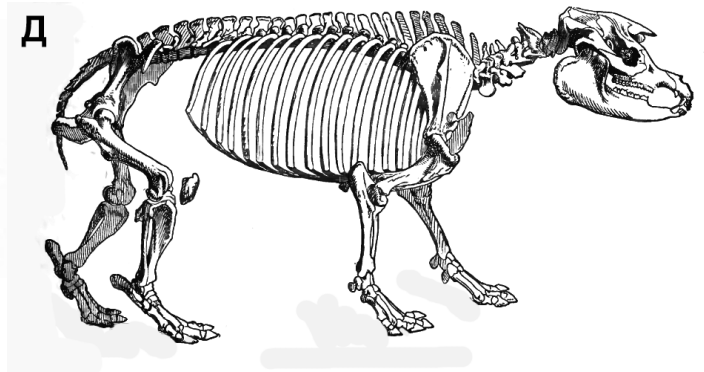
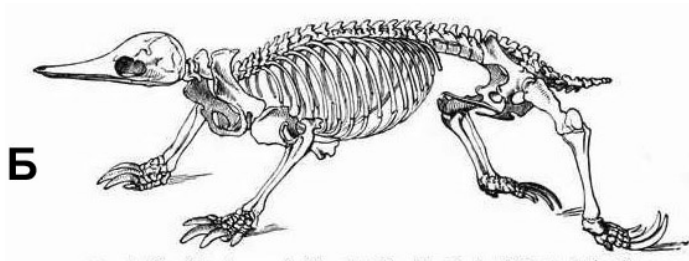
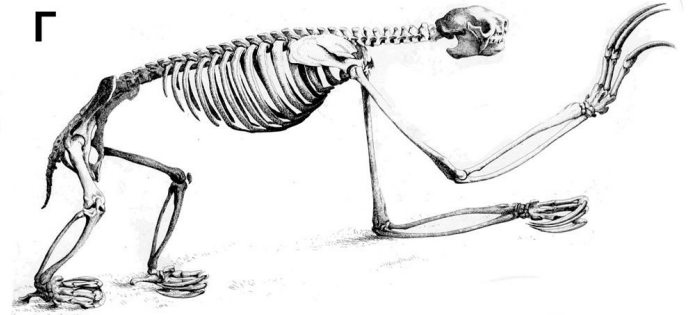
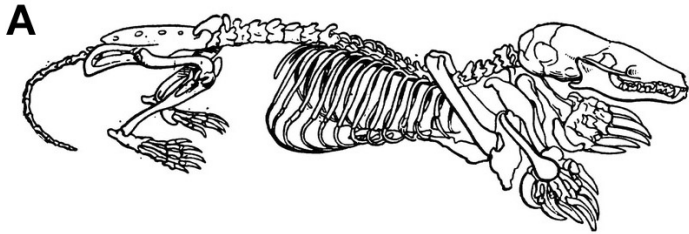
в (малек) = 0.75 мг/кг × 10 = 7.5 мг/кг	7.5 мг/кг × 1 × 10 ⁻³ мг = 7.5 × 10 ⁻³ мг
---	---

По цепи [а → б или е → ж → г] можно рассчитать:

г (крячка) = 0.75 мг/кг × 15 = 11.25 мг/кг	11.25 мг/кг × 300 г = 3.4 мг
--	------------------------------

Задача 7. (10 баллов).

На рисунках изображены полные скелеты млекопитающих (вид сбоку). Сопоставьте буквенным обозначениям скелетов в таблице цифры, обозначающие принадлежность обладателя скелета к тому или иному отряду млекопитающих. Ответ дайте в виде шифра.



Отряды млекопитающих:

- 1 – Неполнозубые
- 2 – Парнокопытные
- 3 – Грызуны
- 4 – Хищные
- 5 – Рукокрылые
- 6 – Приматы
- 7 – Однопроходные
- 8 – Насекомоядные
- 9 – Ластоногие
- 10 – Китообразные
- 11 – Хоботные
- 12 – Даманы
- 13 – Непарнокопытные
- 14 – Зайцеобразные

Ответ:

А – 8 (Насекомоядные);

Б – 7 (Однопроходные);

В – 6 (Приматы);

Г – 1 (Неполнозубые);

Д – 13 (Непарнокопытные).

Скелет	А	Б	В	Г	Д
Отряд	8	7	6	1	13

Блок 3 [4]

Задача 8. (14 баллов)

В двойной спирали ДНК цепи связаны водородными связями между азотистыми основаниями. Водородная связь в десятки раз слабее ковалентной, для её разрыва достаточно энергии теплового движения молекул при комнатной температуре. При образовании между молекулами нескольких водородных связей наблюдается кооперативность: прочность комплекса прогрессивно возрастает с увеличением числа связей. Поэтому цепи в двойной спирали ДНК устойчивы при физиологических температурах. Если раствор ДНК нагревать, то при определённой температуре произойдёт разрыв всех водородных связей и комплекс распадётся. Такая температура называется температурой плавления ДНК. Она имеет определённое значение для каждой молекулы ДНК и используется для подбора условий при молекулярной гибридизации и полимеразной цепной реакции. Температура плавления тем выше, чем больше водородных связей в молекуле. Ниже приведены последовательности некоторых коротких ДНК и их температуры плавления ($T_{пл}$).

- | | |
|--|--|
| <p>1) 5'-ГАГТЦАЦАТЦТГ-3' $T_{пл} = 36^{\circ}\text{C}$
 3'-ЦТЦАГТГТАГАЦ-5'</p> | <p>4) 5'-ТГАГТАЦТАЦТА-3' $T_{пл} = 32^{\circ}\text{C}$
 3'-АЦТЦАТГАТГАТ-5'</p> |
| <p>2) 5'-ГТЦАЦТЦАТАГТ-3' $T_{пл} = 34^{\circ}\text{C}$
 3'-ЦАГТГАГТАТЦА-5'</p> | <p>5) 5'-ГЦЦАГЦГТЦГ-3' $T_{пл} = 36^{\circ}\text{C}$
 3'-ЦГГТЦЦАГЦ-5'</p> |
| <p>3) 5'-АГЦТГЦГАГАЦГ-3' $T_{пл} = 40^{\circ}\text{C}$
 3'-ТЦАЦГЦТЦТГЦ-5'</p> | <p>6) 5'-АГЦАЦГЦГГТЦ-3' $T_{пл} = 42^{\circ}\text{C}$
 3'-ТЦГТГЦГЦЦАГ-5'</p> |

А. От каких параметров последовательности нуклеотидов зависит в приведённых случаях температура плавления ДНК?

Б. Фрагмент ДНК имеет последовательность: 5'-ЦАГЦТГЦАГТАЦ-3'.

Напишите последовательность комплементарной цепи ДНК в правильной ориентации.

В. Какова будет температура плавления этой ДНК? Почему?

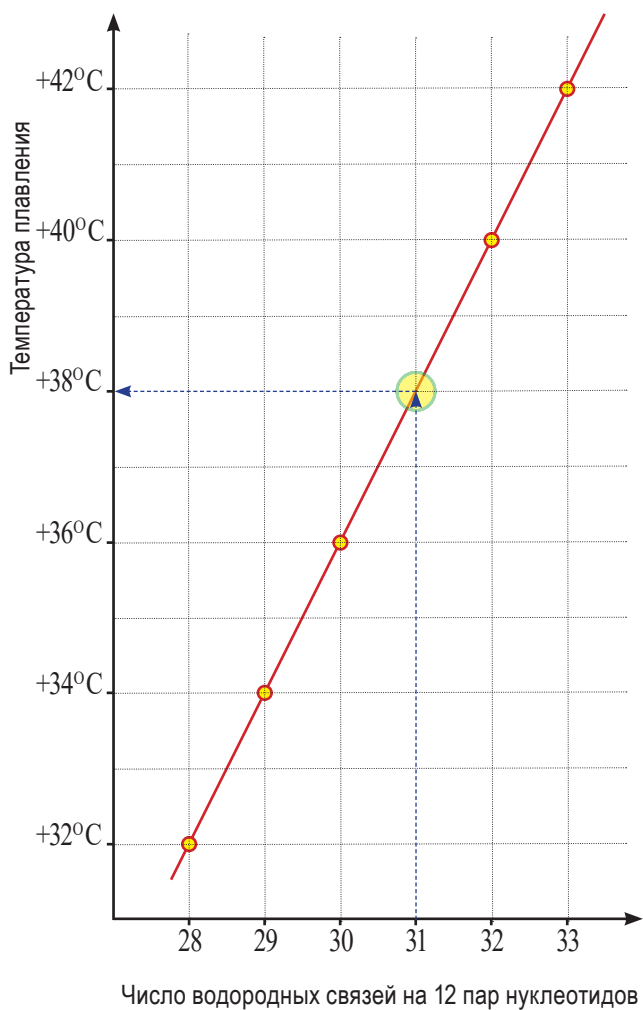
Решение.

А. При равной длине температура будет зависеть от числа водородных связей. Так как пара ГЦ образует три водородные связи, а пара АТ – две водородные связи, то чем больше ГЦ-пар, тем выше должна быть температура плавления. Подсчитаем количество АТ и ГЦ пар и число водородных связей на молекулу в каждом олигонуклеотиде.

№	$T_{пл}$	Длина, пар нуклеотидов	ГЦ	АТ	Число водородных связей
1	36°C	12	6	6	30
2	34°C	12	5	7	29
3	40°C	12	8	4	32
4	32°C	12	4	8	28
5	36°C	10	8	2	28
6	42°C	12	9	3	33

Расположим их в порядке увеличения коэффициента числа водородных связей к числу нуклеотидов.

№	$T_{пл}$	Длина, пар нуклеотидов	Число водородных связей	Число водородных связей/ число нуклеотидов
4	32°C	12	28	2,3
2	34°C	12	29	2,4
1	36°C	12	30	2,5
3	40°C	12	32	2,6
6	42°C	12	33	2,75
5	36°C	10	28	2,8



Мы видим, что при одинаковой длине олигонуклеотидов температура плавления линейно зависит от числа водородных связей: увеличение числа водородных связей на 1 ведёт к повышению температуры плавления на два градуса. Олигонуклеотид №5 на две нуклеотидные пары короче, поэтому при том же числе связей они распределяются на меньшую длину, и температура плавления выше, чем при том же числе связей, но большей длине. Таким образом, температура плавления зависит от длины олигонуклеотида и от числа ГЦ и АТ пар.

Б. Комплементарные цепи направлены антипараллельно:

5' – ЦАГЦТГЦАГТАЦ – 3'

3' – ГТЦГАЦГТЦАТГ – 5'

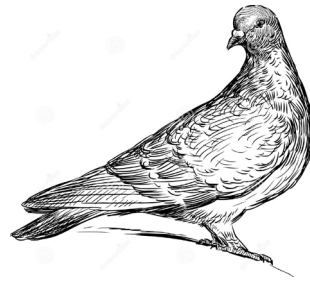
Таким образом, последовательность второй цепи будет: **5'– ГТАЦТГЦАГЦТГ –3'**

В. В данной последовательности 7 пар ГЦ и 5 пар АТ. Они образуют 31 водородную связь. Сравниваем её с другими 12-членными олигонуклеотидами. Среди приведённых олигонуклеотидов есть содержащие 30 и 32 водородные связи, и имеющие температуру плавления 36°C и 40°C. Данная последовательность должна иметь температуру, среднюю между ними:

$$(36 + 40)/2 = \mathbf{38^{\circ}\text{C}}.$$

Задача 9. (24 балла)

В 1957 г. В Москве проходил VI Всемирный фестиваль молодёжи и студентов, символом которого стал голубь мира. При подготовке к фестивалю в Москву были привезены чистопородные голуби (*Columba livia*) различных окрасок. При проведении фестиваля множество птиц было выпущено на улицы города. Среди диких голубей преобладает сизая окраска. Есть породы голубей с белыми, коричневыми и чёрными перьями. Допустим, что за окраску перьев отвечает ген С. Аллель **c1** определяет белую окраску, аллель **c2** – коричневую окраску, аллель **c3** – сизую окраску, а аллель **c4** – чёрную окраску. Аллель белой окраски рецессивен по отношению ко всем остальным. Сизая окраска доминирует над коричневой и белой. Гомозиготы **c4c4** чёрные, а гетерозиготы, несущие аллель **c4**, развивают промежуточную [тёмную] окраску. Подсчёт птиц в современной популяции городских голубей в Москве показал, что преобладающей окраской была промежуточная (484 особи на 1000 птиц). Следующей по представленности была чёрная окраска, а особей с сизой окраской было примерно в 3 раза меньше, чем с чёрной. Коричневые голуби встретились с частотой 28 птиц на 1000, а белыми оказались лишь 11 птиц из 1000.



- А.** Рассчитайте частоты аллелей **c1**, **c2**, **c3** и **c4** в данной популяции, округлив проценты до целых.
Б. Рассчитайте число сизых и чёрных птиц в популяции. Ответ дайте в процентах, округлив до целых.
В. В каком соотношении нужно было бы выпустить чистопородных голубей разных окрасок в 1957г., чтобы в Москве сформировалась эта популяция голубей? Для простоты считайте, что до фестиваля голуби в данном районе не обитали, а отбор по признаку окраски в городской среде не происходил. Ответ дайте в процентах, округлив до целых.

Для справки: $D = b^2 - 4ac$

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

Решение.

А и Б. Пусть аллель **c1** (белой окраски) встречается в популяции с частотой **p**, аллель **c2** (коричневой окраски) – с частотой **q**, аллель **c3** (сизой окраски) – с частотой **r** и аллель **c4** (чёрной окраски) – с частотой **s**. Распределение по фенотипам можно графически изобразить следующим образом.

	c1 p	c2 q	c3 r	c4 s
c1 p	c1c1 p²	c1c2 pq	c1c3 pr	c1c4 ps
c2 q	c1c2 pq	c2c2 q²	c2c3 qr	c2c4 qs
c3 r	c1c3 pr	c2c3 qr	c3c3 r²	c3c4 rs
	сизые		тёмные (промежуточные)	
c4 s	c1c4 ps	c2c4 qs	c3c4 rs	c4c4 s²
	тёмные (промежуточные)		чёрные	

Легче всего оценить частоту аллеля **c1**, поскольку белые особи должны встречаться в популяции с частотой **p²**.
 $p^2 = 11 : 1000 \approx 10/1000 = 0,01$
 Отсюда $p = \sqrt{0,01} = 0,1$

Коричневыми могут быть только особи с генотипами **c2c2** или **c1c2**. Частота встречаемости коричневой окраски в популяции определяется формулой $q^2 + 2pq$ и равна $28/1000 \approx 30/1000 = 0,03$

Таким образом, мы можем составить уравнение и решить его относительно **q**:
 $q^2 + 2pq = 0,03$
 $q^2 + 2 \times 0,1q - 0,03 = 0$
 $q^2 + 0,2q - 0,03 = 0$
 $D = 0,04 - 4 \times 1 \times (-0,03) = 0,04 + 0,12 = 0,16$
 $q_{1,2} = [-0,2 \pm \sqrt{0,16}] : 2 = [-0,2 \pm 0,4] : 2$

$q_1 = -0,3$ (частота аллеля не может быть отрицательной величиной, этот корень уравнения не имеет биологического смысла)

$$q_2 = 0,1$$

Таким образом, на сумму частот аллелей **c3** и **c4** приходится: $r + s = 1 - 0,1 - 0,1 = 0,8$

Нам известно, что особей с промежуточной (тёмной) окраской 484 на 1000 птиц. Частота их встречаемости определяется формулой:

$$2ps + 2qs + 2rs = 2s(p + q + r) \approx 0,48$$

Решим это уравнение относительно **s**:

$$2s[0,1 + 0,1 + (0,8 - s)] = 0,48$$

$$2s - 2s^2 - 0,48 = 0$$

$$s^2 - s + 0,24 = 0$$

$$D = 1 - 4 \times 0,24 = 1 - 0,96 = 0,04$$

$$s_{1,2} = [1 \pm \sqrt{0,04}] : 2 = [1 \pm 0,2] : 2$$

$$s_1 = 0,4$$

$$s_2 = 0,6$$



Мы получили два решения уравнения, необходимо выбрать одно из них. Для этого воспользуемся сведениями, что чёрных птиц в популяции [примерно в три раза] больше, чем сизых.

Частота аллеля **c3**, определяющего сизую окраску, может быть либо

$$r_1 = 0,8 - s_1 = 0,4$$

либо

$$r_2 = 0,8 - s_2 = 0,2$$

Доля чёрных птиц в популяции равна s^2 , а доля сизых: $r^2 + 2pr + 2qr$.

В случае, когда $r = s = 0,4$ число чёрных голубей в популяции будет меньше, чем сизых (что противоречит условию).

Если $r = 0,2$, а $s = 0,6$, чёрных голубей будет 0,36, а сизых:

$$r^2 + 2pr + 2qr = 0,04 + 2 \times 0,1 \times 0,2 + 2 \times 0,1 \times 0,2 = 0,04 + 0,04 + 0,04 = 0,12.$$

Эта величина в три раза меньше, чем число чёрных голубей. т.е. полностью удовлетворяет условию.

Ответ А: частота аллеля **c1** (белой окраски) равна 0,1 или 10%
частота аллеля **c2** (коричневой окраски) равна 0,1 или 10%
частота аллеля **c3** (сизой окраски) равна 0,2 или 20%
частота аллеля **c4** (чёрной окраски) равна 0,6 или 60%

Ответ Б: сизых голубей в популяции около 12%, чёрных голубей – 36%.

В. (4 балла) Если считать, что в Москве выпускали чистопородных (т.е. гомозиготных) голубей, то для создания популяции с наблюдаемыми частотами аллелей нужно было выпустить 10% белых, 10% коричневых, 20% сизых и 60% чёрных голубей. В дальнейшем популяция перейдёт в состояние равновесия, и будут наблюдаться те частоты фенотипов, которые указаны в условии задачи.

Ответ В: белых чистопородных – 0,1 или 10%
коричневых чистопородных – 0,1 или 10%
сизых чистопородных – 0,2 или 20%
чёрных чистопородных – 0,6 или 60%

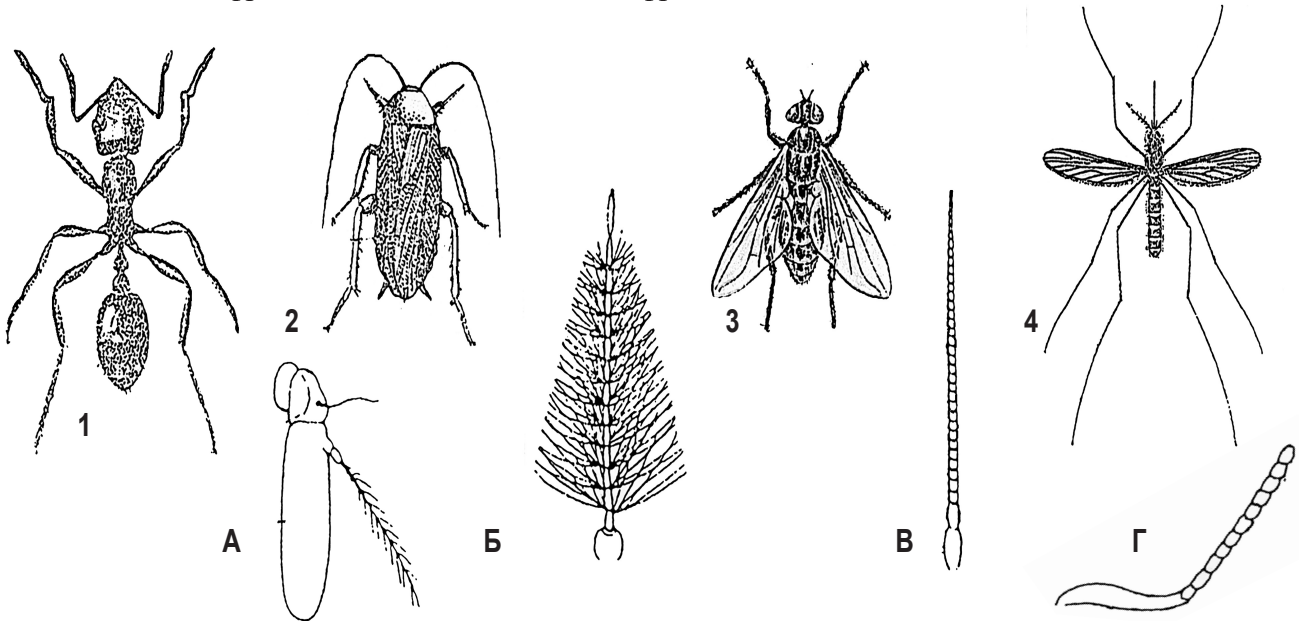
Итого: 100 технических баллов

Задание 10 – 11 класса. Вариант II (Ответы)

Блок 1 [3]

Задача 1. (8 баллов)

Найдите соответствие между усиками (обозначены буквами) и видами насекомых, обозначенных цифрами. Ответ дайте в виде шифра.



Ответ: 1 – Г (Муравей, коленчатые антенны); 2 – В (Таракан, жгутиковидные антенны); 3 – А (Муха, трёхчлениковые антенны со щетинкой); 4 – Б (Комар ♂, перистые антенны).

Задача 2. (2 балла) Г. Аллард и У. Гарднер исследовали цветение табака ‘Мэрилендский

Мамонт’ (короткодневное растение). В каком варианте опыта это растение будет цвести:

А. День 8 часов / ночь 8 часов (искусственные сутки менее 24 часов).

Б. День 8 часов / ночь 16 часов, в середине ночи – кратковременное освещение белым светом.

В. День 8 часов / ночь 16 часов, в середине дня – кратковременное выключение источника света.

Г. День 16 часов / ночь 8 часов, в середине ночи – кратковременное освещение красным светом.

Д. День 16 часов / ночь 8 часов, в течение дня – дополнительное освещение дальним красным светом.

Ответ: Б.

Задача 3. (10 баллов)

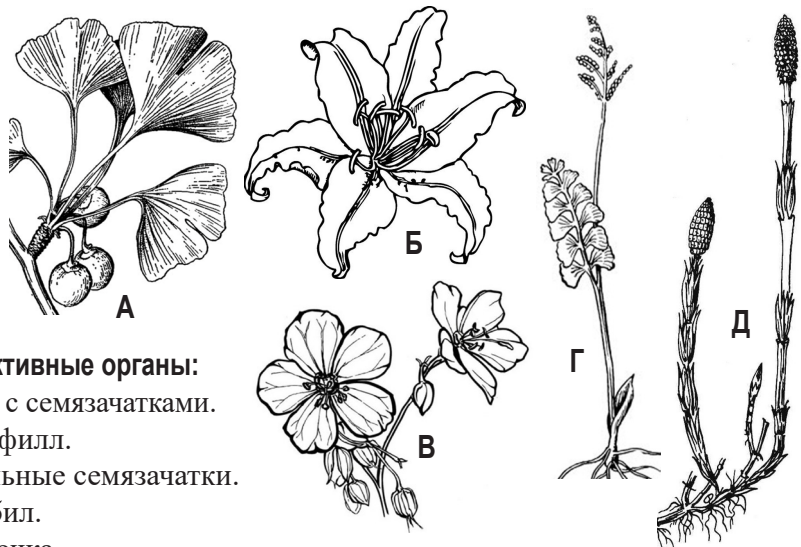
Нарисунках изображены части высших растений с репродуктивными органами. Укажите название изображенных структур, а также определите, к какой таксономической группе принадлежит каждое из изображенных растений.

Таксономические группы:

1. Двудольные покрытосеменные.
2. Однодольные покрытосеменные.
3. Плаунообразные.
4. Хвощеобразные.
5. Голосеменные.
6. Папоротникообразные.

Репродуктивные органы:

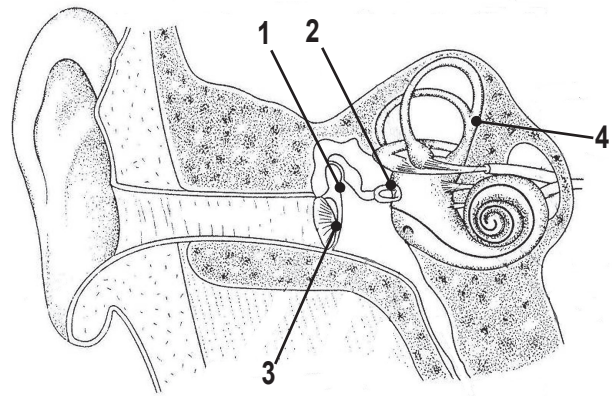
- I. Цветок с семязачатками.
- II. Спорофилл.
- III. Отдельные семязачатки.
- IV. Стробил.
- V. Коробочка.
- VI. Карпоспорангий.



Ответ: А (Гинкго) – 5 (Голосеменные) – III (Отдельные семязачатки); Б (Лилия) – 2 (Однодольные покрытосеменные) – V (Коробочка); В (Лён) – 1 (Двудольные покрытосеменные) – V (Коробочка); Г (Гроздовник) – 6 (Папоротникообразные) – II (Спорофилл); Д (Хвощ) – 4 (Хвощеобразные) – IV (Стробил).

Задача 4. (8 баллов). На рисунке ► показана схема строения уха. Укажите, какие структуры на рисунке обозначены цифрами 1–4:

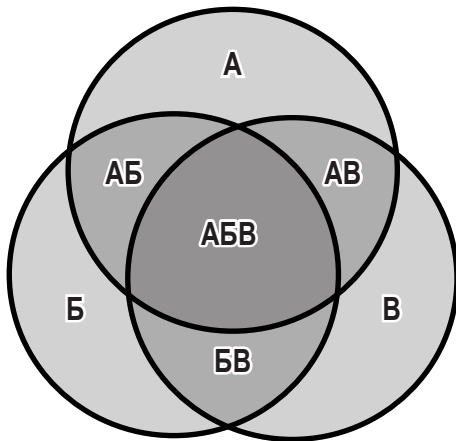
- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| А. Евстахиева труба. | Ж. Улитка. |
| Б. Ушная раковина. | З. Наковальня. |
| В. Барабанная перепонка. | И. Гиппокамп. |
| Г. Полукружный канал. | К. Стремечко. |
| Д. Слуховой нерв. | Л. Сильвиев проток. |
| Е. Ушной канал. | М. Молоточек. |



Ответ:

- 1 – М (молоточек);**
2 – К (стремечко);
3 – В (барабанная перепонка);
4 – Г (полукружный канал).

Блок 2 [2]



Задача 5. (9 баллов).

А, Б, В – три различных типа животных. Совокупность признаков (особенностей строения и развития), присущих каждому типу, показана на схеме кругом – три круга: А, Б, В. Области пересечения двух кругов отображают особенности, свойственные одновременно двум типам, и обозначены двумя соответствующими буквами (например, АБ – это множество признаков, свойственных представителям типа А и типа Б, но не типа В). Область АВВ соответствует признакам, общим для представителей всех трёх типов. В таблице перечислены некоторые из признаков, соответствующих каждому из множеств на схеме.

Множества признаков на схеме	Признаки
А	Внутренний скелет
Б	Линька: периодическая смена кутикулы
В	Спиральное дробление зиготы
АБ	Мускулатура в виде отдельных мышечных пучков; парные конечности, если имеются, суставчатого типа
АВ	Кровеносная система замкнутого типа
БВ	Брюшная нервная цепочка
АБВ	Метамерия (сегментация) проявляется в строении нескольких или большинства систем органов

Назовите типы животных, обозначенных **А, Б и В**.

Ответ: А – тип Хордовые; Б – тип Членистоногие ; В – тип Кольчатые черви.

Критерий: если указано альтернативное, но верное название типа (например, Кишечнополостные=Стрекающие, Круглые черви=Нематоды) – **3 балла**. Если вместо названий типов указаны названия подтипов или классов (например, Позвоночные вместо Хордовые, Малощетинковые вместо Кольчатые черви и т.п.) – **1 балл**.

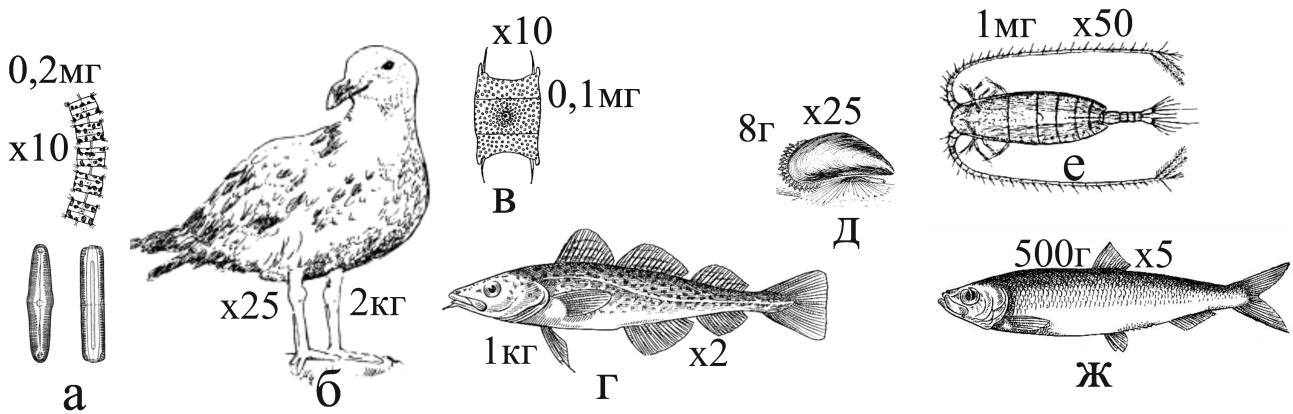
Задача 6. (15 баллов).

Концентрирование (биоаккумуляция) в пищевых цепях ксенобиотиков – химических соединений, чужеродных для живого организма – является серьезной проблемой. На рисунке представлены животные пищевых цепей северных морей. Химический анализ установил содержание пестицидов в тканях трески, равное 10 мг/кг.

А. Постройте пищевые цепи.

Б. Рассчитайте количество пестицидов в каждом организме и в воде.

Цифры на рисунке – коэффициенты биоаккумуляции пестицидов для данного вида животных и водорослей, которые показывают во сколько раз концентрация пестицидов в организме больше, чем в окружающей среде (для продуцентов) или в пище (для консументов). Также указана масса организма.



Решение.

1. Для решения первым шагом необходимо построить пищевые цепи:

А. а или в → е → ж → б.

Б. а или в → д → г.

2. По условию задачи известно содержание пестицидов в тканях трески, поэтому можно рассчитать содержание пестицидов в тканях мидии и других организмов по цепи, сначала концентрацию в мг/кг, а затем общее содержание в целом организме.

По цепи [а или в → д → г] можно рассчитать:

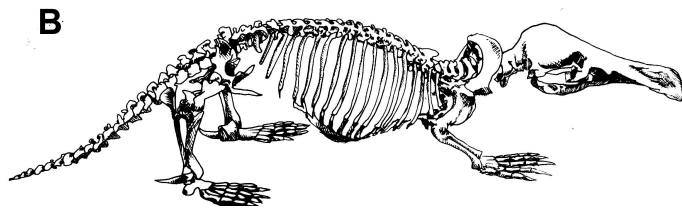
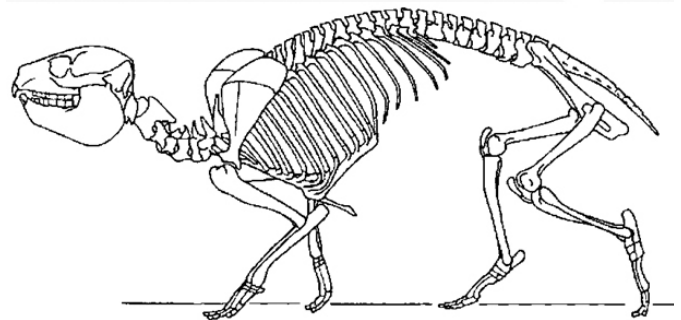
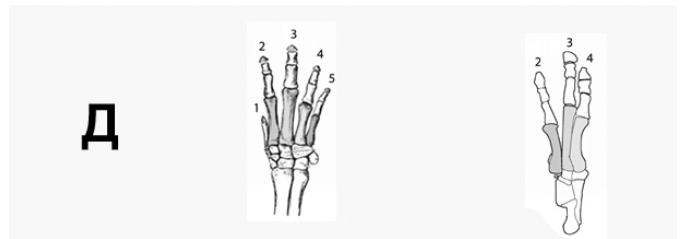
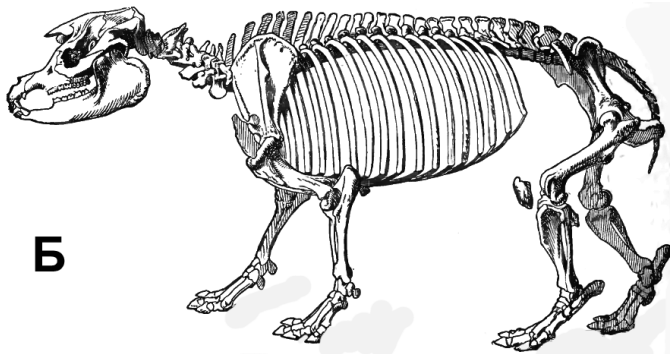
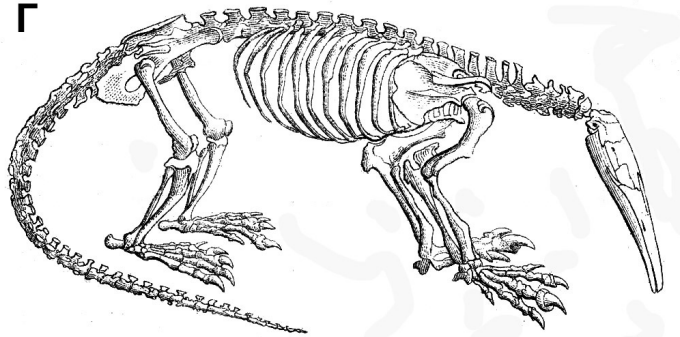
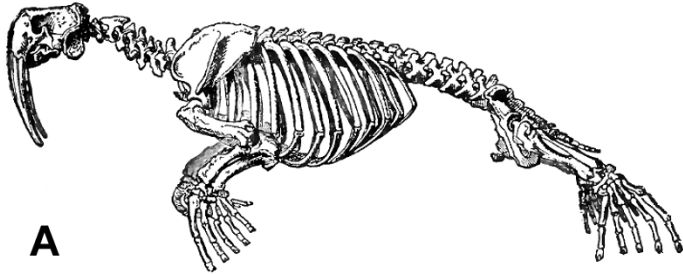
Концентрация в организме	Общее содержание в организме
д (мидии) = $10 \text{ мг/кг} : 2 = 5 \text{ мг/кг}$	$5 \text{ мг/кг} \times 8 \text{ г} = 0.04 \text{ мкг}$
а (фитопланктон) = $5 \text{ мг/кг} : 25 = 0.2 \text{ мг/кг}$	$0.2 \text{ мг/кг} \times 0.2 \text{ мг} = 4 \times 10^{-8} \text{ мг}$
в (фитопланктон) = $5 : 25 = 0.2 \text{ мг/кг}$	$0.2 \text{ мг/кг} \times 0.1 \text{ мг} = 2 \times 10^{-8} \text{ мг}$
вода = $0.2 \text{ мг/кг} : 10 = 0.02 \text{ мг/кг}$ или мг/л	

По цепи [а или в → е → ж → б] можно рассчитать:

е (рачки) = $0.2 \text{ мг/кг} \times 50 = 10 \text{ мг/кг}$	$10 \text{ мг/кг} \times 1 \text{ мг} = 1 \times 10^{-5} \text{ мг}$
ж (сельдь) = $10 \text{ мг/кг} \times 5 = 50 \text{ мг/кг}$	$50 \text{ мг/кг} \times 500 \text{ г} = 25 \text{ мг}$
б (чайка) = $50 \text{ мг/кг} \times 25 = 1250 \text{ мг/кг}$	$1250 \text{ мг/кг} \times 2 \text{ кг} = 2500 \text{ мг}$

Задача 7. (10 баллов).

На рисунках изображены полные скелеты млекопитающих (вид сбоку). Сопоставьте буквенным обозначениям скелетов в таблице цифры, обозначающие принадлежность обладателя скелета к тому или иному отряду млекопитающих. Ответ дайте в виде шифра.



Отряды млекопитающих:

- 1 – Неполнозубые
- 2 – Парнокопытные
- 3 – Грызуны
- 4 – Хищные
- 5 – Рукокрылые
- 6 – Приматы
- 7 – Однопроходные
- 8 – Насекомоядные
- 9 – Ластоногие
- 10 – Китообразные
- 11 – Хоботные
- 12 – Даманы
- 13 – Непарнокопытные
- 14 – Зайцеобразные

Ответ:

- А – 9 (Ластоногие);**
- Б – 13 (Непарнокопытные);**
- В – 7 (Однопроходные);**
- Г – 1 (Неполнозубые);**
- Д – 12 (Даманы).**

Скелет	А	Б	В	Г	Д
Отряд	9	13	7	1	12

Блок 3 [1]

Задача 8. (14 баллов)

В двойной спирали ДНК цепи связаны водородными связями между азотистыми основаниями. Водородная связь в десятки раз слабее ковалентной, для её разрыва достаточно энергии теплового движения молекул при комнатной температуре. При образовании между молекулами нескольких водородных связей наблюдается кооперативность: прочность комплекса прогрессивно возрастает с увеличением числа связей. Поэтому цепи в двойной спирали ДНК устойчивы при физиологических температурах. Если раствор ДНК нагревать, то при определённой температуре произойдёт разрыв всех водородных связей и комплекс распадётся. Такая температура называется температурой плавления ДНК. Она имеет определённое значение для каждой молекулы ДНК и используется для подбора условий при молекулярной гибридизации и полимеразной цепной реакции. Температура плавления тем выше, чем больше водородных связей в молекуле. Ниже приведены последовательности некоторых коротких ДНК и их температуры плавления ($T_{пл}$).

- | | | | |
|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 1) 5'-ГАГЦАТЦТГ-3'
3'-ЦТЦГГТАГАЦ-5' | $T_{пл} = 32^{\circ}\text{C}$ | 4) 5'-ГАГТАТАЦТА-3'
3'-ЦТЦАТАТГАТ-5' | $T_{пл} = 26^{\circ}\text{C}$ |
| 2) 5'-ГЦААТЦТАГТ-3'
3'-ЦГТТАГАТЦА-5' | $T_{пл} = 28^{\circ}\text{C}$ | 5) 5'-ГЦЦАГЦГТЦГ-3'
3'-ЦГГТЦГЦАГЦ-5' | $T_{пл} = 36^{\circ}\text{C}$ |
| 3) 5'-АГЦГЦАГАЦ-3'
3'-ТЦГЦГТЦТГ-5' | $T_{пл} = 34^{\circ}\text{C}$ | 6) 5'-АГЦААТЦТАГТА-3'
3'-ТЦГТТАГАТЦАТ-5' | $T_{пл} = 32^{\circ}\text{C}$ |

А. От каких параметров последовательности нуклеотидов зависит в приведённых случаях температура плавления ДНК?

Б. Фрагмент ДНК имеет последовательность: 5'-АГЦТЦАГТАЦ-3'.

Напишите последовательность комплементарной цепи ДНК в правильной ориентации.

В. Какова будет температура плавления этой ДНК? Почему?

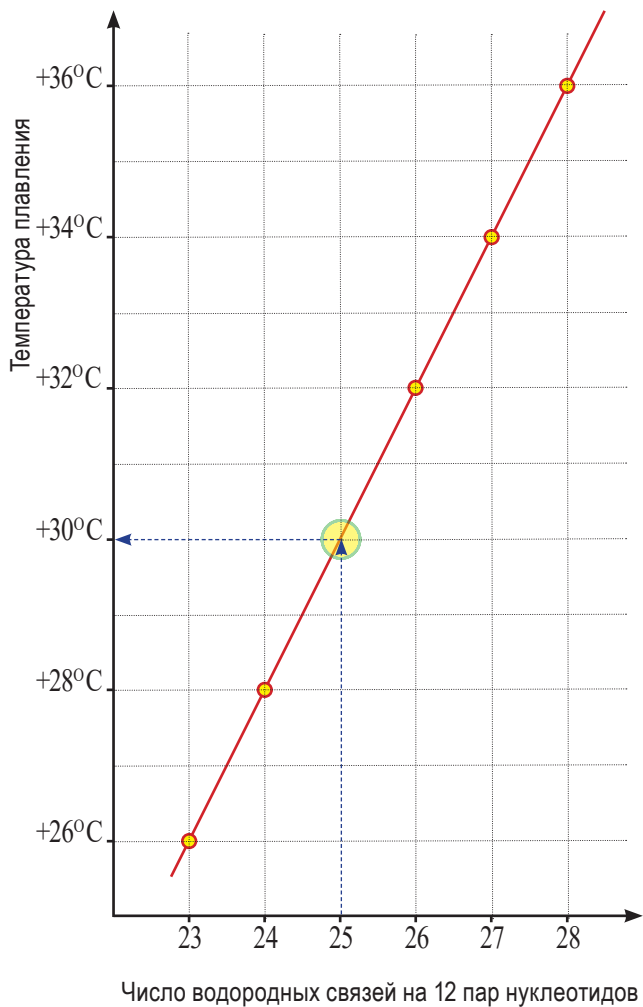
Решение.

А. При равной длине температура будет зависеть от числа водородных связей. Так как пара ГЦ образует три водородные связи, а пара АТ – две водородные связи, то чем больше ГЦ-пар, тем выше должна быть температура плавления. Подсчитаем количество АТ и ГЦ пар и число водородных связей на молекулу в каждом олигонуклеотиде.

№	$T_{пл}$	Длина, пар нуклеотидов	ГЦ	АТ	Число водородных связей
4	26°C	10	6	4	26
2	28°C	10	4	6	24
1	32°C	10	7	3	27
3	34°C	10	3	7	23
5	36°C	10	8	2	28
6	32°C	12	4	8	28

Расположим их в порядке увеличения коэффициента числа водородных связей к числу нуклеотидов.

№	$T_{пл}$	Длина, пар нуклеотидов	Число водородных связей	Число водородных связей/число нуклеотидов
4	26°C	10	23	2,3
2	28°C	10	24	2,4
1	32°C	10	26	2,6
3	34°C	10	27	2,7
6	36°C	10	28	2,8
5	32°C	12	28	2,3



Мы видим, что при одинаковой длине олигонуклеотидов температура плавления линейно зависит от числа водородных связей: увеличение числа водородных связей на 1 ведёт к повышению температура плавления на 2 градуса. Олигонуклеотид №6 на 2 нуклеотида длиннее, поэтому при том же числе связей они распределяются на большую длину, и температура плавления ниже, чем при том же числе связей, но меньшей длине. Таким образом, температура плавления зависит от длины олигонуклеотида и числа ГЦ и АТ пар.

Б. Комплементарные цепи направлены антипараллельно:

5'-АГЦТЦАГТАЦ-3'

3'-ТЦГАГТ ЦАТГ - 5'

Таким образом, последовательность второй цепи будет: **5'-ГТАЦТГАГЦГ-3'**

В. В данной последовательности 5 пар ГЦ и 5 пар АТ. Они образуют 25 водородных связей. Сравниваем её с другими 10-членными олигонуклеотидами. Среди приведённых олигонуклеотидов есть содержащие 24 и 26 водородных связей, и имеющие температуру плавления 28°C и 32°C. Данная последовательность должна иметь температуру, среднюю между ними:

$$(28 + 32)/2 = \mathbf{30^{\circ}\text{C}}$$

Задача 9. (24 балла)

У тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) за окраску гусениц отвечает ген *P*. Аллель p_1 определяет равномерную белую окраску, аллель p_2 – окраску в форме узких поперечных полосок, а аллель p_3 – равномерную чёрную окраску. При этом потомство двух бабочек, полученных из белых гусениц, всегда только белое. В потомстве двух полосатых родителей кроме полосатых иногда получают и белые гусеницы (и никогда – чёрные). В потомстве двух чёрных родителей преобладают чёрные гусеницы, но иногда возникают полосатые, а в других случаях – белые гусеницы. Подсчёт гусениц в некоторой популяции тутового шелкопряда показал, что преобладающей окраской была полосатая, однако из 1000 гусениц 87 оказались белыми, а 362 – чёрными.



А. Рассчитайте частоты аллелей p_1 , p_2 и p_3 в данной популяции, округлив проценты до целых.

Б. Какой станет частота аллеля p_2 , если из популяции удалить всех полосатых гусениц? Ответ дайте в процентах, округлив до целых.

В. Какова станет доля белых гусениц в новой популяции? Ответ дайте в процентах, округлив до целых.

Для справки: $D = b^2 - 4ac$

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

Решение.

А. Из сведений, приведённых для скрещиваний разных по фенотипу особей следует, что аллель p_1 является рецессивным по отношению к аллелям p_2 и p_3 , а аллель p_3 (чёрной окраски) доминирует над аллелем p_2 (полосатой окраски).

Пусть аллель p_1 встречается в популяции с частотой q , аллель p_2 – с частотой r и аллель p_3 – с частотой s . Распределение по фенотипам в этом случае можно изобразить графически следующим образом (см. рис.).

Легче всего оценить частоту аллеля p_1 , поскольку белые особи должны встречаться в популяции с частотой q^2 .

$$q^2 = 87 : 1000 \approx 90/1000 = 0,09$$

$$\text{Отсюда } q = \sqrt{0,09} = 0,3$$

Рассчитаем частоту встречаемости полосатых гусениц. На 1000 особей их приходится:

$$1000 - 87 - 362 = 551 \text{ особь,}$$

т.е. их доля составляет около 0,55.

Частоту встречаемости полосатых гусениц можно выразить через частоты аллелей p_2 и p_1 следующим образом (см. рис.):

$$r^2 + 2qr = 0,55$$

Решим полученное квадратное уравнение относительно r :

$$r^2 + 2 \times 0,3r - 0,55 = 0$$

$$r^2 + 0,6r - 0,55 = 0$$

$$D = 0,36 - 4 \times 1 \times (-0,55) = 0,36 + 2,2 = 2,56$$

$$r_{1,2} = [-0,6 \pm \sqrt{2,56}] : 2 = [-0,6 \pm 1,6] : 2$$

$r_1 = -1,1$ (частота аллеля не может быть отрицательной величиной, этот корень уравнения не имеет биологического смысла)

$$r_2 = 0,5$$

	Аллель p_1 Частота q	Аллель p_2 Частота r	Аллель p_3 Частота s
q	Белые p_1p_1	Полосатые p_1p_2	Чёрные p_1p_3
r	Полосатые p_1p_2	Полосатые p_2p_2	Чёрные p_2p_3
s	Чёрные p_1p_3	Чёрные p_2p_3	Чёрные p_3p_3

Поскольку $q + r + s = 1$, можно рассчитать частоту аллеля p_3 :

$$s = 1 - 0,3 - 0,5 = 0,2 \quad (1 \text{ балл})$$

Проверим, может ли при этой частоте встречаемости аллелей оказаться 362 чёрные гусеницы на 1000.

Частота встречаемости чёрных гусениц = $s^2 + 2rs + 2qs = 0,2^2 + 2 \times 0,5 \times 0,2 + 2 \times 0,3 \times 0,2 = 0,04 + 0,2 + 0,12 = 0,36$ т.е. около 360 чёрных гусениц на 1000, что очень близко к приведённым данным наблюдения.

Ответ: частота аллеля p_1 (белой окраски) равна 0,3
частота аллеля p_2 (полосатой окраски) равна 0,5
частота аллеля p_3 (чёрной окраски) равна 0,2

Б. Если удалить из популяции всех полосатых гусениц, то в ней останется 449 особей (приблизительно 550), из которых 87 с генотипом p_1p_1 (≈ 90).

Генотип p_3p_3 представлен $s^2 \times 1000 = 0,04 \times 1000 = 40$ особями

Генотип p_1p_3 представлен $2sq \times 1000 = 2 \times 0,2 \times 0,3 \times 1000 = 120$ особями

Генотип p_2p_3 представлен $2sr \times 1000 = 2 \times 0,2 \times 0,5 \times 1000 = 200$ особями

(9 баллов)

(3 балла) Новая частота аллеля p_2 станет равна

$$r^* = \frac{1}{2} \times 200 : 450 = \frac{2}{9} = 0,2222 \approx 0,22 \text{ или } 22\%$$

Ответ: новая частота аллеля p_2 станет равной 22%.

В. (3 балла) Для того, чтобы оценить долю белых гусениц в новой популяции, необходимо рассчитать новую частоту для аллеля p_1 :

$$q^* = [90 + \frac{1}{2} \times 120] : 450 = \frac{1}{3} = 0,3333 \approx 0,33$$

Частота встречаемости белых гусениц будет равна $(q^*)^2 = (\frac{1}{3})^2 = \frac{1}{9} = 0,1111 \approx 0,11$ или 11%.

Ответ: частота встречаемости белых гусениц в новой популяции станет равной 11%.

Итого: 100 технических баллов