

Country: \_\_\_\_\_

Student Code: \_\_\_\_\_

# 23-я МЕЖДУНАРОДНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА

8 – 15 июля, 2012

СИНГАПУР



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТЕСТ - ЧАСТЬ 1

Все ответы записывайте в **ЛИСТ ОТВЕТОВ**

## Дорогие Участники

Для ответа на вопросы этой теоретической работы вам даётся в общей сложности 3 часа (180 минут).

Для ответов на все вопросы используйте **Лист Ответов**, который прилагается отдельно.

Ответы, вписанные в Текст Вопросов, оцениваться **НЕ** будут.

Вписывайте ваши ответы разборчиво. **Имейте в виду, что возможно более одного правильного/неправильного ответа и все клетки должны быть заполнены.**

Например:

a	b	c	d	e
x	✓	x	x	✓

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Некоторые из вопросов могут быть отмечены “Снят” / “Удален”. **НЕ** отвечайте на эти вопросы. Кроме того, прочитайте вопрос полностью, перед тем как приступить к ответу, текст вопросов может быть продолжен на следующей странице.

Максимальное количество баллов за эту работу - 93,8. (*Обратите внимание, что это может измениться после пересмотра заданий*)

После звонка об окончании теста, **НЕМЕДЛЕННО** прекратите отвечать на вопросы и отложите ручку.

По окончании теста будут собраны как Ваши Листы Ответов, так и Вопросы Теоретического Задания.

Желаем Вам удачи! 😊

---

**БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ**


---

1. В таблице ниже представлен генетический код.

	U	C	A	G	
<b>U</b>	Phe	Ser	Tyr	Cys	<b>U</b>
	Phe	Ser	Tyr	Cys	<b>C</b>
	Leu	Ser	STOP	STOP	<b>A</b>
	Leu	Ser	STOP	Trp	<b>G</b>
<b>C</b>	Leu	Pro	His	Arg	<b>U</b>
	Leu	Pro	His	Arg	<b>C</b>
	Leu	Pro	Gln	Arg	<b>A</b>
	Leu	Pro	Gln	Arg	<b>G</b>
<b>A</b>	Ile	Thr	Asn	Ser	<b>U</b>
	Ile	Thr	Asn	Ser	<b>C</b>
	Ile	Thr	Lys	Arg	<b>A</b>
	Met	Thr	Lys	Arg	<b>G</b>
<b>G</b>	Val	Ala	Asp	Gly	<b>U</b>
	Val	Ala	Asp	Gly	<b>C</b>
	Val	Ala	Glu	Gly	<b>A</b>
	Val	Ala	Glu	Gly	<b>G</b>

У некоторых вирусов (напр. вируса табачной мозаики, ВТМ) имеются последовательности РНК, которые содержат так называемый «слабый» (с неполным проявлением) стоп-кодон. У ВТМ в 95% случаев рибосома хозяина будет обрывать синтез полипептида на этом кодоне, но в остальных случаях она будет пропускать его.

Следующие последовательности показывают часть мРНК ВТМ. Укажите последовательность(и), которая(ые) могут приводить к образованию двух полипептидов в указанной рамке считывания знаком (✓), а те, которые не приведут знаком (✗). (1,8 балла)

- 5' - AUG - UCU - UGU - CUU - UUC - ACC - CGG - GGG - UAG - UAU - UAC - CAU - GAU - GGU - UAA - 3'
- 5' - AUG - ACC - CGG - GGG - UUU - CUU - UUC - UAG - UAU - GAU - CAU - GAA - GGU - UGU - UAA - 3'
- 5' - AUG - CUU - UUC - UCU - UAU - UAG - CAU - GAU - GGU - UGU - ACC - CGG - GGG - CCC - UAA - 3'
- 5' - AUG - CAU - GUU - CUU - UUC - UCU - UAU - UGU - GGU - UGU - ACC - CGG - GGG - UUC - UAA - 3'
- 5' - AUG - CAU - GAU - GGU - UGU - ACC - CGG - GGG - UAG - CUU - UUC - UCU - UAU - UGC - UAA - 3'
- 5' - AUG - UCU - UAU - UGG - CAU - GAU - GGU - UGU - CUU - UUC - ACC - CGG - GGG - AAA - UAA - 3'

2. Митохондрии, главным образом, выполняют следующие функции:

- a. термогенез
- b. апоптоз
- c. образование АТФ
- d. метаболизм жирных кислот

Укажите присутствие хорошо развитых митохондрий знаком (✓), среднее содержание митохондрий знаком (-), а отсутствие митохондрий - знаком (✗). Соотнесите ключевую(ые) функцию(и) митохондрий (a - d) в указанных в ЛИСТЕ ответа клетках. (1,8 балла)

3. Расположите молекулы ДНК в зависимости от их температуры плавления ( $T_m$ ) от самой низкой до наиболее высокой. (0,9 балла)

- a. 5' - AAGTTCTCTGAA - 3'  
3' - TTC AAGAGACTT - 5'
- b. 5' - AGTCGTCAATGCGG - 3'  
3' - TCAGCAGTTACGCC - 5'
- c. 5' - GGACCTCTCAGG - 3'  
3' - CCTGGAGAGTCC - 5'

4. Существуют различные механизмы, приводящие к программируемой гибели клеток, т.е. к “апоптозу”. Один из этих механизмов запускается активными формами кислорода. В норме внешняя мембрана митохондрий несёт на своей поверхности белок Bcl-2. Другой белок, Аraf-1 связывает Bcl-2. Активные формы кислорода заставляют Bcl-2 высвобождать Аraf-1, а третий белок Вах - проникать через мембрану митохондрий, высвобождая цитохром с. Вышедший из митохондрий цитохром с образует комплекс с Аraf-1 и каспазой 9. Затем этот комплекс последовательно активирует многие протеазы, переваривающие клеточные белки.

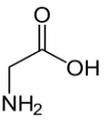
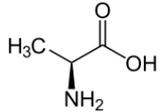
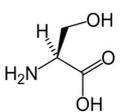
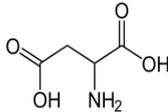
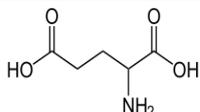
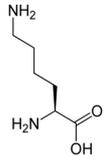
Что произойдёт с клеткой, подверженной воздействию активных форм кислорода, при следующих условиях?

- I. Клетка экспрессирует мутантную форму белка Аraf-1, которая постоянно (всегда) связывает Bcl-2.
- II. Клетка совсем не экспрессирует Bcl-2.
- III. Клетка суперэкспрессирует форму Bcl-2, которая всегда адресуется только в клеточную мембрану.
- IV. К клеткам добавлен реактив, который увеличивает время Bcl-2.

Сопоставьте дальнейшую судьбу клетки с условиями (от I до IV). (2 балла)

- a. Клетка противостоит апоптозу.
- b. Клетка будет быстро подвергаться апоптозу.
- c. Судьбу клетки невозможно предсказать.

5. В таблице приведены химические формулы,  $pK_1$ ,  $pK_2$  и  $pK_R$  некоторых аминокислот.

Аминокислота	Формула	$pK_1$ $\alpha$ -COOH	$pK_2$ $\alpha$ -NH <sub>2</sub>	$pK_R$ боковой цепи
Глицин (Gly)		2,35	9,78	---
Аланин (Ala)		2,35	9,87	---
Серин (Ser)		2,19	9,21	---
Аспарагиновая кислота (Asp)		1,99	9,9	3,9
Глутаминовая кислота (Glu)		2,1	9,47	4,07
Лизин (Lys)		2,16	9,06	10,54

5.1. Определите преимущественную форму (ионная или нейтральная) гептапептидов от А до С при pH 1, pH 7 и pH 12. Определите соответственно их заряд (округляя до целого). (3,6 балла)

5.2. Какое значение pH является лучшим для разделения этих трёх пептидов при помощи электрофореза?

Отметьте наиболее подходящее значение pH знаком (✓), а остальные значения pH знаком (✗). (0,6 балла)

6. Какая(ие) последовательность(и) фаз клеточного цикла является(ются) характерной(ными) для эукариот? (G – gap, S – синтез, M – митоз) Отметьте правильную(ые) последовательность(ти) знаком (✓), а неправильные знаком (✗). (0,5 балла)

- a. G<sub>1</sub> \_ S \_ G<sub>2</sub> \_ G<sub>0</sub> \_ M
- b. G<sub>0</sub> \_ G<sub>1</sub> \_ S \_ G<sub>2</sub> \_ M
- c. G<sub>1</sub> \_ G<sub>0</sub> \_ G<sub>2</sub> \_ S \_ M
- d. G<sub>1</sub> \_ G<sub>0</sub> \_ G<sub>1</sub> \_ G<sub>2</sub> \_ S \_ M
- e. G<sub>1</sub> \_ G<sub>0</sub> \_ G<sub>1</sub> \_ S \_ G<sub>2</sub> \_ M

7. Относительно фазы G<sub>2</sub>.

7.1. Какое(ие) утверждение(я) описывает(ют) клетку в фазе G<sub>2</sub>? Укажите правильное(ые) утверждение(я) знаком (✓), а неправильные - знаком (✗). (0,4 балла)

- a. Гомологичные хромосомы вытянуты вдоль экватора.
- b. Гомологичные хромосомы растянуты к соответствующим полюсам нитями ахроматинового веретена.
- c. Гомологичные хромосомы еще не удвоены.
- d. Гомологичные хромосомы находятся в гаплоидном или «n» состоянии.

7.2. Сколько хроматиновых нитей находится в соматических клетках человека в фазе G<sub>2</sub>? (0,5 балла)

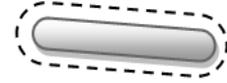
8. Ниже показан внешний вид трех видов бактерий (от А до С):



А (кок)



В (бацилла, несущая жгутик)



С (палочка, покрытая капсулой)

8.1. В природе бактерии обычно связаны с какой либо поверхностью, образуя так называемые “биопленки”. Во время связывания с поверхностью и до момента достижения самой поверхности для связывания бактерии сталкиваются с зоной отталкивания при максимальном приближении к поверхности. Какие бактерии, наиболее вероятно, имеют преимущества в преодолении такой зоны отталкивания? Укажите правильный(ые) ответ(ы) знаком (✓), а неправильный(ые) ответ(ы) - знаком (✗). (0,6 балла)

- a. Бактерия А
- b. Бактерия В
- c. Бактерия С

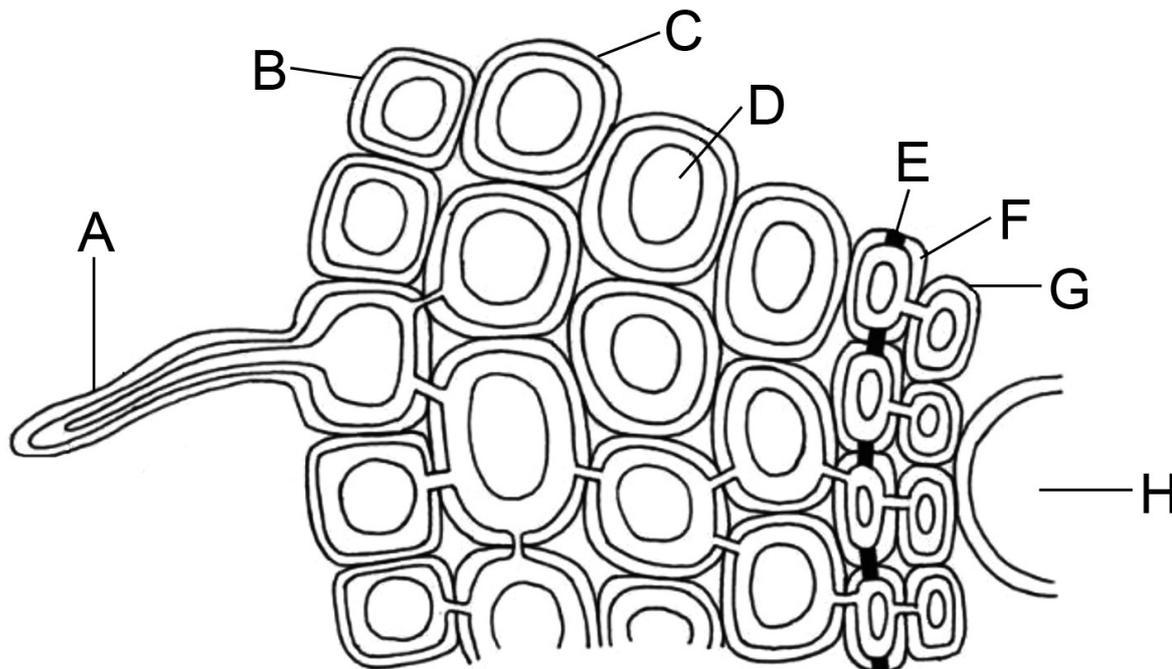
8.2. После преодоления зоны отталкивания и достижения поверхности сила связывания с поверхностью у трёх видов бактерий различается. Расположите **в Листе Ответов** три бактерии в правильном порядке в зависимости от силы связывания. (0,6 балла)

8.3. Изначально водоём со стоячей водой содержал значительные количества органического вещества, но затем концентрация питательных веществ снизилась из-за разбавления дождевой водой. Это оказало влияние на все три вида бактерий, которым для выживания в этих условиях необходимо было приспособиться к изменившимся условиям наилучшим образом. Отметьте правильное(ые) утверждение(я) знаком (✓), а неправильное(ые) - знаком (✗). (0,6 балла)

- 
- a. У бактерии А происходит относительно наиболее быстрая диффузия питательных веществ в клетку.
- b. Бактерия В может удлинить жгутик, чтобы искать питательные вещества над поверхностью воды.
- c. Бактерия С имеет капсулу, которая может активно абсорбировать больше питательных веществ.
9. Перед микроскопированием лаборант обработал клетки неизвестной бактерии различными красителями. Известно, что используемые красители окрашивают (i) липополисахариды, (ii) ядерную оболочку, (iii) ДНК, (iv) цитоплазму и (v) рибосомы. Какие красители могут окрасить все типы бактерий, находящиеся в пробе, независимо от их типа? Укажите знаком (✓), если они будут окрашиваться, и знаком (✗), если они не будут окрашиваться. (1 балл)

**АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**

10. Рассмотрите поперечный срез корня на рисунке ниже.



10.1. Соотнесите обозначения (1 – 18), представленные в таблице ниже с соответствующими структурами (A - H), обозначенным на рисунке выше. (1,6 балла)

№.	Обозначение	№.	Обозначение
1	Гиподермис	10	Клетка склеренхимы
2	Эпителиальная клетка	11	Поясок Каспари
3	Паренхима ксилемы	12	Центральная вакуоль
4	Эпидермальная клетка	13	Паренхима флоэмы
5	Волокно ксилемы	14	Перицикл
6	Корневой волосок	15	Клетка-спутница
7	Экзодермальные клетки	16	Волокно флоэмы
8	Сосуд ксилемы	17	Эндодермальная клетка
9	Клетка кортикальной паренхимы	18	Клетка колленхимы

10.2. Существуют следующие три пути поглощения ионов и воды:

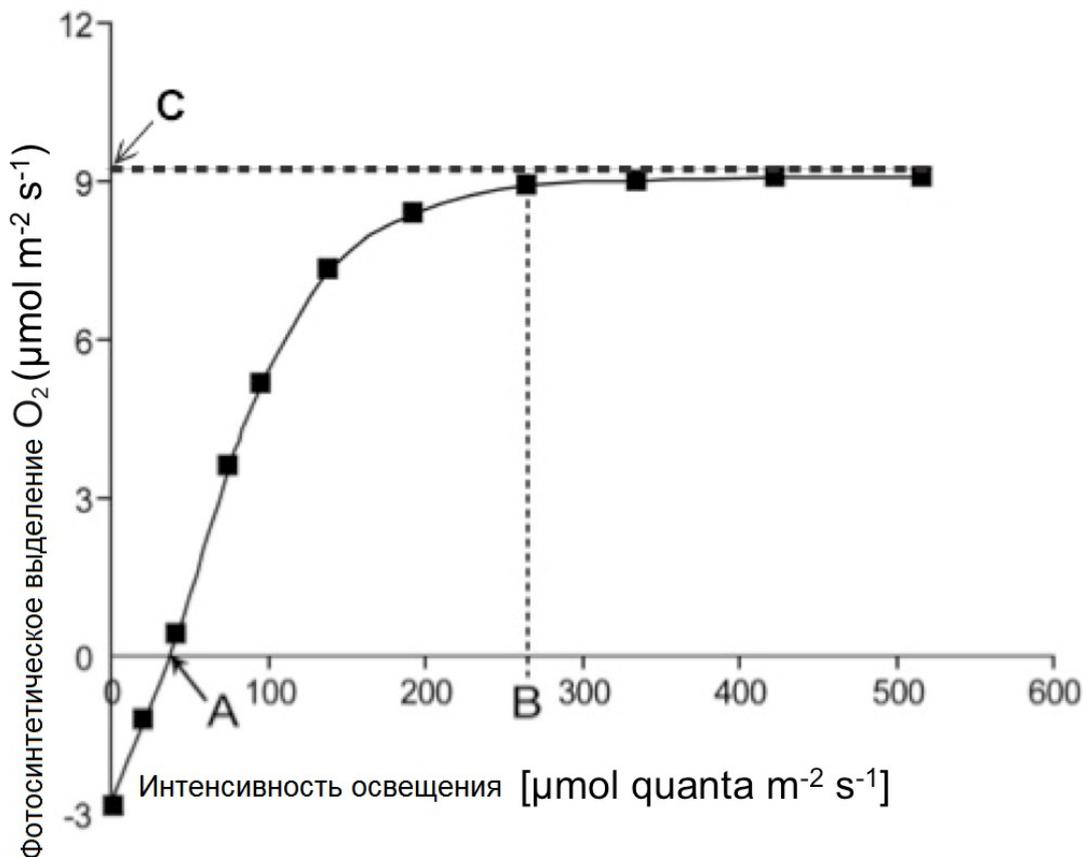
- I. симпластический путь
- II. апопластический путь
- III. трансмембранный путь

Нарисуйте непрерывными линиями и обозначьте (знаками I, II и III) эти пути снаружи до (H) на рисунке в **Листе Ответов**. (3 балла)

11. Сопоставьте растительные структуры (1 – 10) с соответствующими функциями (A – J).  
(3 балла)

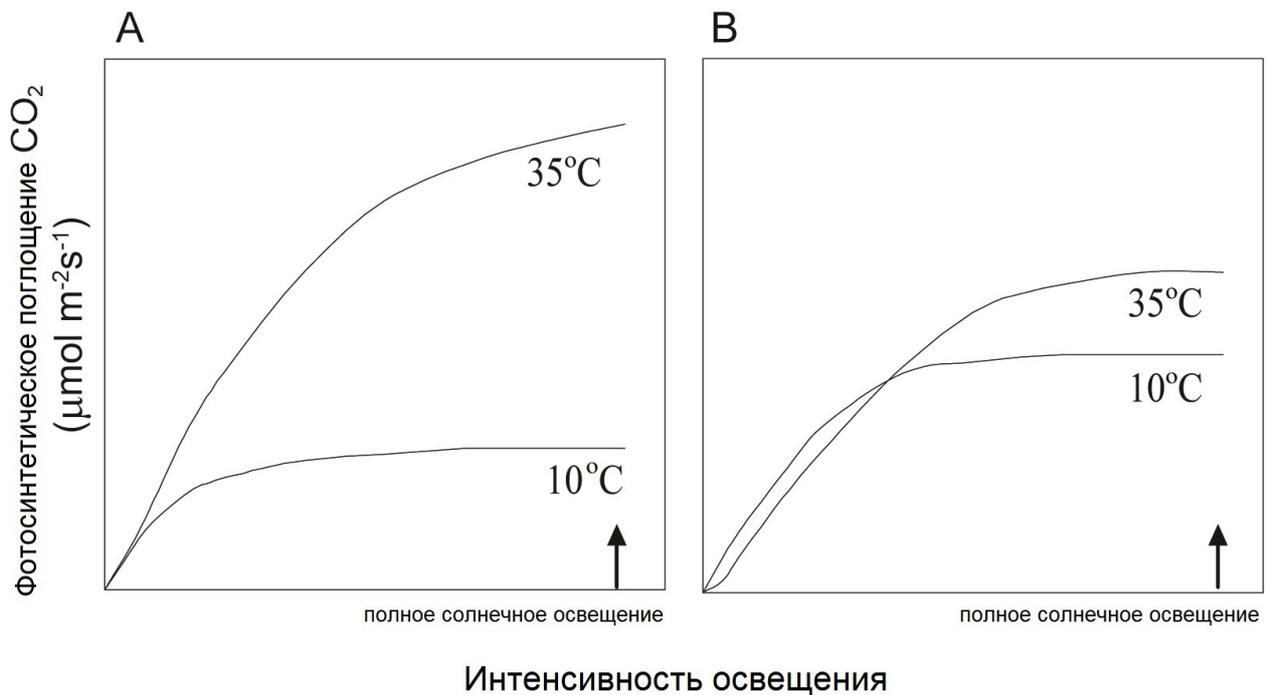
Растительная клетка / тканевые структуры		Функция(и) / Признак(и)	
1	Мембрана тилакоида	A	Сеть межклеточных соединений
2	Сосудистый камбий	B	Накопление воды, пищеварительных ферментов и других органических и неорганических веществ
3	Центральная вакуоль	C	Образование новых растительных тканей/органов
4	Плазмодесма	D	Изменённые безъядерные клетки паренхимы
5	Апикальная меристема	E	Небольшое отверстие на поверхности семяпочки, через которое проникает пыльцевая трубка
6	Перидерм	F	Механическая поддержка
7	Ситовидная трубка	G	Наличие белков-переносчиков электронов
8	Трихом (волосок)	H	Образование вторичных сосудистых тканей
9	Вторичная клеточная стенка	I	Вторичная защитная ткань
10	Микропиле	J	Защита и поглощение

12. Рассмотрите представленный ниже график и определите, какие из утверждений (от а до h) являются правильными. Отметьте правильный(е) ответ(ы) знаком (✓), а неправильные - знаком (\*). (1,4 балла)



- Это кривая фотосинтетического выделения  $\text{O}_2$ .
- Точка А – это точка светового насыщения.
- Точка В – это точка световой компенсации.
- В точке С скорость фотосинтеза максимальная.
- Растения перестают расти, если они растут при освещении, величина которого превышает уровень в точке В.
- Скорость дыхания выше скорости фотосинтеза, если растения растут при освещении ниже уровня, показанного в точке А.
- Растения растут (накапливают биомассу), если условия их освещения выше, чем поток фотонов, показанный в точке А.

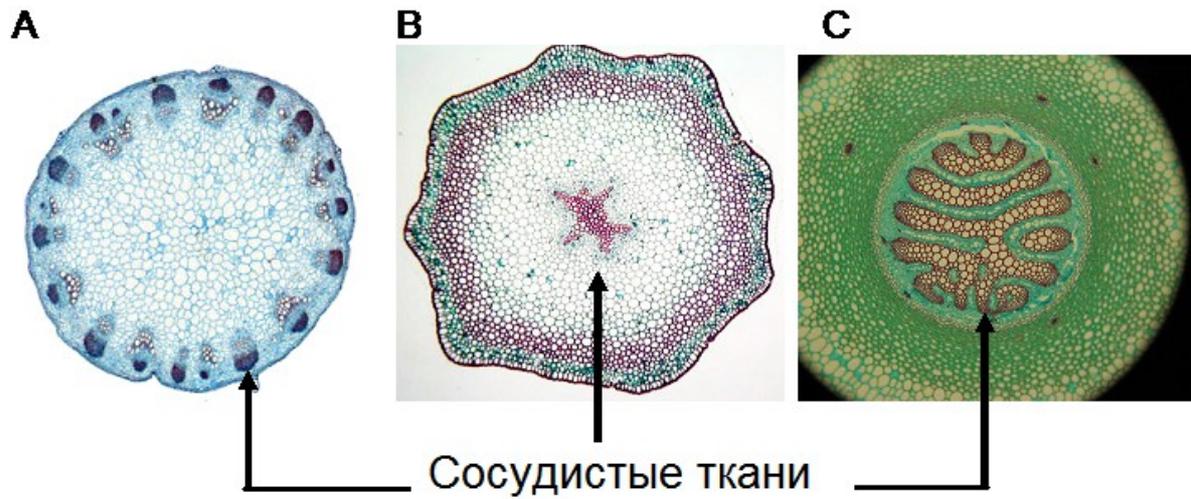
13. Ниже представлены кривые фотосинтеза в листьях растений  $C_4$  и  $C_3$ . Отметьте правильное(ые) утверждение(я) знаком ( $\checkmark$ ), а неправильное(ые) утверждение(я) - знаком ( $\times$ ). (1,2 балла)



- a. Рисунок А отражает свойства растений  $C_4$ .
- b. При высокой температуре и полном солнечном освещении растения  $C_3$  имеют конкурентное преимущество перед растениями  $C_4$  за счет уменьшения фотодыхания.
- c. При низкой температуре и низком освещении растения  $C_3$  имеют конкурентное преимущество перед растениями  $C_4$  за счет более высокого квантового выхода.
14. Ниже приведены некоторые утверждения о фотосинтезе. Отметьте правильное(ые) утверждение(я) знаком ( $\checkmark$ ), а неправильное(ые) - знаком ( $\times$ ). (1 балл)
- a. Фотофосфорилирование включает образование АТФ во время световой фазы фотосинтеза.
- b. Основная иницирующая роль света в запуске реакций световой фазы фотосинтеза заключается в образовании свободного кислорода.
- c. В растительной клетке АТФ-синтетазный комплекс имеется только в тилакоидной мембране.

- d. Фотосистема II необходима для циклического фотофосфорилирования.
- e. Сейчас считается, что специфические ферменты, необходимые для фиксации  $\text{CO}_2$  и его дальнейшего превращения в сахар, локализованы в строме хлоропластов.

15. Расположите растения А - С в эволюционной последовательности, начиная от наиболее примитивного представителя к наиболее современному. (1,5 балла)



16. Соотнесите описания или эффекты (A – J) с соответствующими соединениями (1 – 10).

(1,8 балла)

Название		Описание/эффект	
1	Этилен	A	Физиологическая реакция организма на длину дня или ночи
2	Фотопериодизм	B	Ингибирование роста боковых почек
3	Апикальное доминирование	C	Удлинение стебля у растений
4	Тигмотропизм	D	Продолжительное воздействие низких температур вызывает цветение
5	Листорасположение	E	Опадение листьев и плодов
6	Цитокинин	F	Изгиб растущего стебля в сторону источника света
7	Гиббереллин	G	Расположение листьев на стебле
8	Статолит	H	Ответ растения на прикосновение
9	Яровизация	I	Замедленное старение
10		J	Гравитропизм (геотропизм)

**АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ****17. ВОПРОС УДАЛЕН**

18. Ниже представлены частота дыхания, частота пульса и температура тела четырех различных млекопитающих (A – D).

Животные	Частота дыхания (вдох/мин)	Частота пульса (удар/мин)	Температура тела (°C)
A	160	500	36,5
B	15	40	37,2
C	28	190	38,2
D	8	28	35,9

18.1. Расположите животных A - D в нисходящем порядке в зависимости от соотношения площади поверхности к объёму тела. (0,8 балла)

18.2. Расположите животных A - D в нисходящем порядке в зависимости от общего объёма крови в теле. (0,8 балла)

19. Рассмотрите два следующих утверждения относительно процесса дыхания у земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. Укажите правильное(ые) утверждение(я) знаком (✓), а неправильное(ые) - знаком (\*). (1,6 балла)
- I. Для нагнетания воздуха в лёгкие используется отрицательное давление
- II. Легкие полностью вентилируются при каждом дыхательном цикле
20. Газообмен у различных такс животных происходит при помощи различных органов дыхания (a – d) а также кровеносной системы (незамкнутой или замкнутой). Укажите для каждого животного (взрослого) незамкнутую кровеносную(ые) систему(ы) знаком (✓), а замкнутую(ые) кровеносную(ые) систему(ы) - знаком (\*). Сопоставьте соответствующие органы (a – d) с животными (взрослыми). (2,6 балла)
- a. лёгкие
- b. жабры
- c. кожа
- d. трахеи

21. Образование мочи является результатом постоянной фильтрации плазмы почками.

Отметьте правильное(ые) утверждение(я) о почках млекопитающих знаком (✓), а неправильное(ые) утверждение(я) - знаком (✗). (2 балла)

- a. Почки оказывают прямое влияние на кровяное давление.
- b. Почки помогают регулировать общий объем циркулирующей крови.
- c. В петлях Генле из крови удаляются вода, ионы и питательные вещества.
- d. У таких животных, как проживающие в пустыне кенгуровые крысы, способные выделять гиперосмотическую мочу, петли Генле относительно короткие.
- e. Почки вместе с лёгкими участвуют в контролировании значения рН в плазме.
- f. Почки помогают поддерживать рН крови путём выделения протонов и реабсорбции бикарбоната в случае необходимости.
- g. Почки выделяют образующиеся при метаболизме летучие кислоты.
- h. При ацидозе в проксимальных трубчатых клетках образуется аммиак ( $\text{NH}_3$ ).
- i. Давление крови влияет на скорость гломерулярной фильтрации.
- j. Почки образуют АДГ (антидиуретический гормон).

22. Количество слюны, секретиромой млекопитающими, пропорционально интенсивности жевания при поглощении пищи. Соотнесите следующих животных (а – е) с количеством секретиромой слюны, как представлено в таблице в **Листе Ответов**. (0,8 балла)

- a. волк
- b. лошадь
- c. крупный рогатый скот
- d. человек

23. Аллергия - это сверхчувствительная реакция иммунной системы человека, вызванная повторным воздействием антигена. По сравнению с ней при развитии псевдоаллергии, несмотря на одинаковые симптомы, иммунологические процессы не происходят.

Лежащие в основе псевдоаллергии патологические процессы описаны ниже:

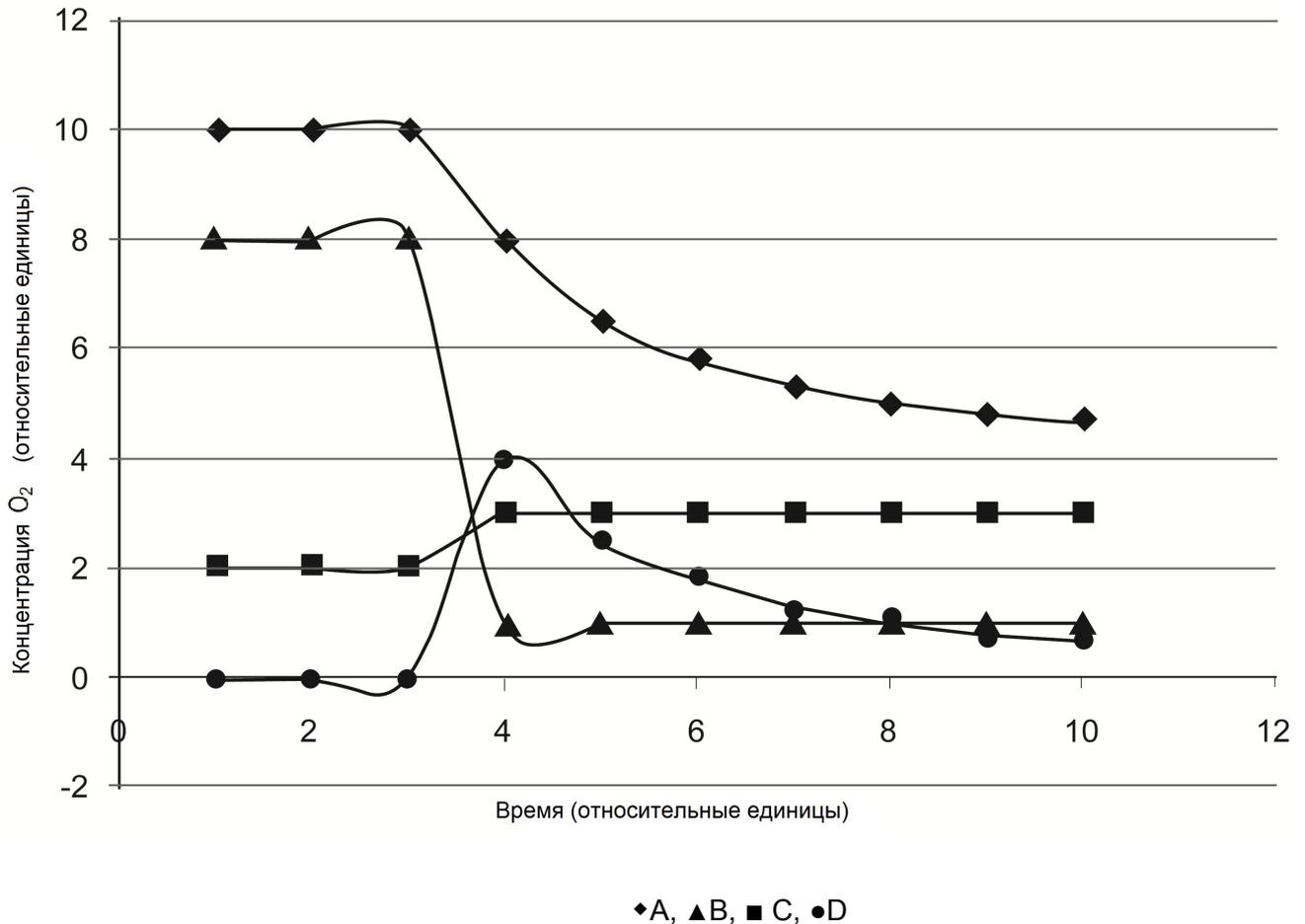
- a. Общее содержание антител класса IgE в сыворотке возрастает.
- b. В сыворотке обнаруживаются специфические антитела класса IgE.
- c. Выделяется главный медиатор воспалительного процесса - гистамин.
- d. Для проявления реакции необходимо минимальное количество антигена.

Отметьте **в Листе Ответов** знаком (✓) описания, справедливые для аллергии и псевдоаллергии, а знаком (✗) те, которые не справедливы. (0,8 балла)

24. Возраст ископаемых животных можно определить измерением содержания изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  в костях. Как происходило накопление  $^{14}\text{C}$  в костях? Отметьте правильное(ые) утверждение(я) знаком (✓), а неправильное(ые) утверждение(я) - знаком (✗). (0,6 балла)

- a. путем потребления и ассимиляции в костях органических соединений
- b. путем превращения  $\text{CO}_2$  в костях в органические соединения
- c. путем ассимиляции и накопления в костях остаточного  $\text{CO}_2$  при дыхания

25. Европейский (пресноводный) угорь обычно получает кислород через жабры, но способен также переносить длительные периоды без воды, осуществляя кожное дыхание. На рисунке ниже показан уровень насыщения крови кислородом и поставка кислорода различными органами, если угря вытащить из воды (в условных единицах):



Соотнесите каждое утверждение (I - IV) с соответствующей кривой (A – D) из показанных выше. (1,2 балла)

- I. Общее насыщение крови кислородом
- II. Поступление кислорода через жабры
- III. Поступление кислорода через кожу
- IV. Поступление кислорода через плавательный пузырь

26. Анатомические признаки животных соответствуют различным способам их питания (a – d).

- a. хищники
- b. всеядные
- c. нежвачные травоядные
- d. жвачные травоядные

26.1. Сопоставьте различные способы питания (a – d) с соответствующими признаками зубов (I – IV). (1,2 балла)

- I. нет верхних резцов, имеется зубная пластинка, коренные зубы могут двигаться только латерально (из стороны в сторону)
- II. клыки хорошо развиты и служат для разрывания пищи
- III. коренные зубы (моляры) имеют бугристую поверхность для перетирания пищи
- IV. резцы служат для захвата пищи, коренные зубы расположены слегка под углом, челюсти осуществляют круговые движения (вертикально и латерально)

26.2. Соотношение площади поверхности пищеварительного тракта (GI) к площади поверхности тела различается у травоядных, всеядных и хищников. Соотнесите различные способы питания (a – d) с соответствующими значениями соотношения GI к площади поверхности тела, приведёнными в таблице **в Листе Ответов**. (1,2 балла)

27. Сопоставьте адаптации пищеварительной системы (а – с) с соответствующими анатомическими описаниями. (0,9 балла).

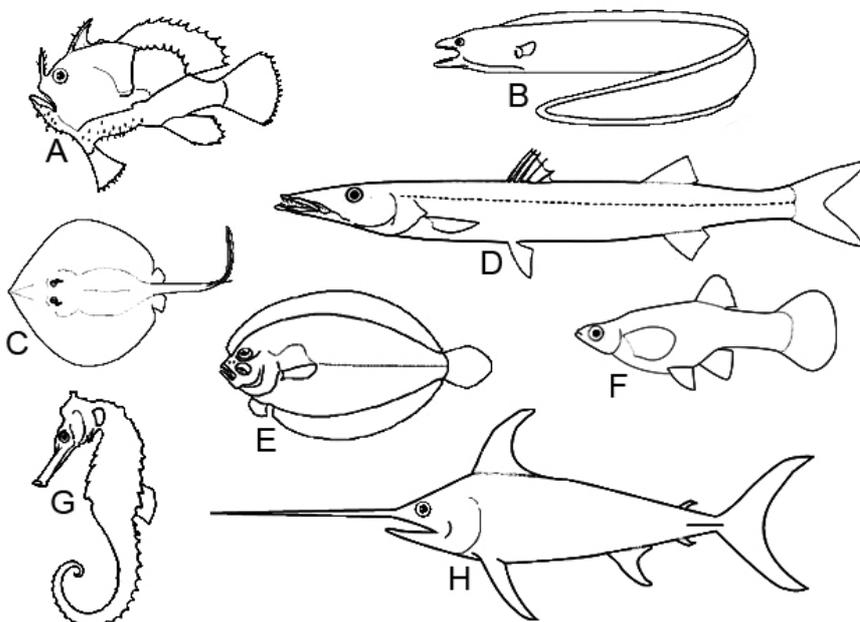
Анатомические описания:

- I. простой желудок, ограниченная утилизация растительной пищи
- II. простой желудок, неспособный к утилизации растительной пищи
- III. высокоразвитый разделенный на части желудок, способный к полной и эффективной утилизации растительной пищи

Приспособления для переваривания пищи:

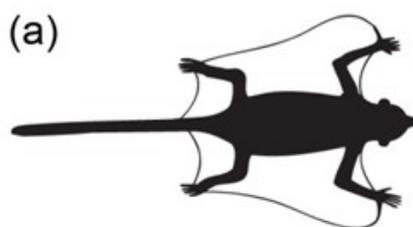
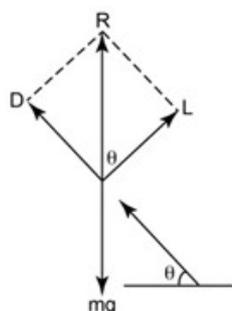
- a. полное брожение после первичных участков переваривания и абсорбции
- b. полное брожение перед первичными участками перевариванием и абсорбции
- c. неспособность к перевариванию некоторых веществ в зернах, плодах и овощей

28. Рыбы имеют специальные приспособления к жизни в воде на различных глубинах (т.е. в поверхностных слоях, в средних слоях, на дне) и к различным условиям обитания (т.е. зарослях водорослей, рифах/скалах). Скорость плавания рыб также частично зависит от морфологии их тела. Сопоставьте рыб (А – Н, изображены не пропорционально их размеру) с соответствующими условиями их обитания и укажите двух самых быстрых пловцов и двух самых медленных пловцов. (2,4 балла)

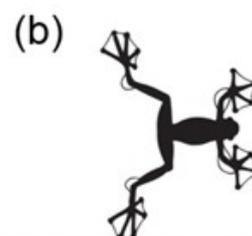


29. Во всех классах позвоночных встречаются как минимум несколько видов, способных иногда подниматься в воздух (например, «летающие» рыбы, лягушки, ящерицы и белки). Они не способны по-настоящему летать, но используют для замедления снижения такие способы передвижения без взмахивания, как планирование или парашютирование.

29.1. Планирующие животные снижают до минимума торможение (D) и используют подъёмную силу (L) для получения более благоприятного соотношения подъёмной силы к сопротивлению (соотношение L/D). В отличие от этого, парящие животные максимально увеличивают D, так как чаще всего они не имеют достаточной поверхности для достижения необходимой подъёмной силы L. Если животное достигает устойчивого планирования, на него действуют различные силы (рассмотрите рисунок ниже). Сопротивление (R) распластанного тела воздушному потоку вызывает образование подъёмной силы L. При этом играют роль торможение (D) в направлении, противоположном направлению движения, а также вес (mg). Нисходящая траектория образует угол ( ) с землёй.



"Летающая" белка



"Летающая" лягушка

Укажите животное (a или b) с ожидаемым соотношением L/D и значением в таблице в **Листе Ответов**. (1 балл)

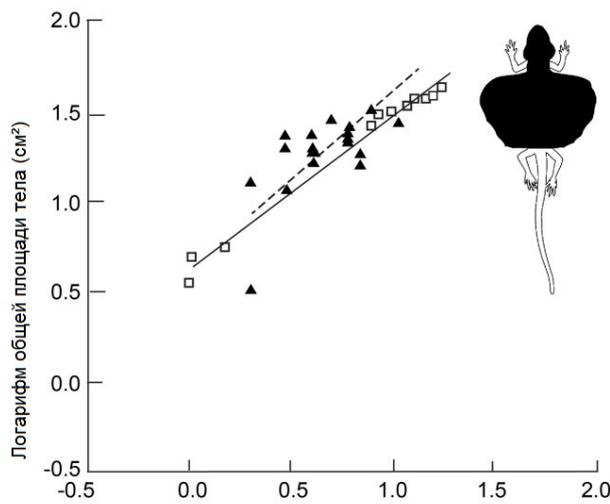
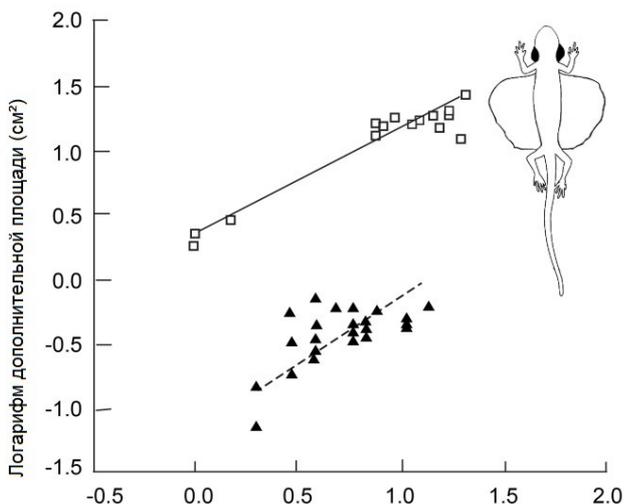
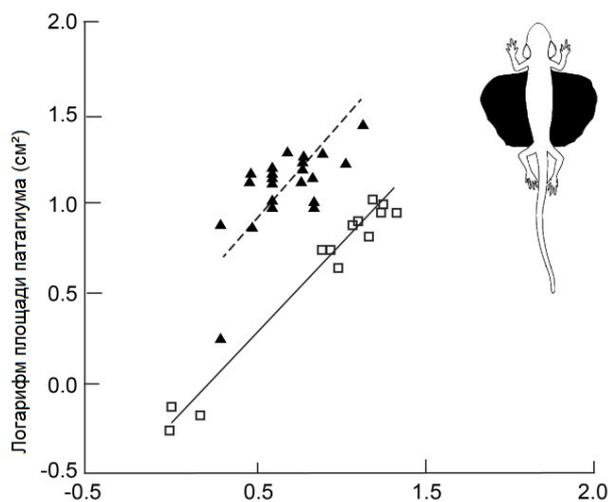
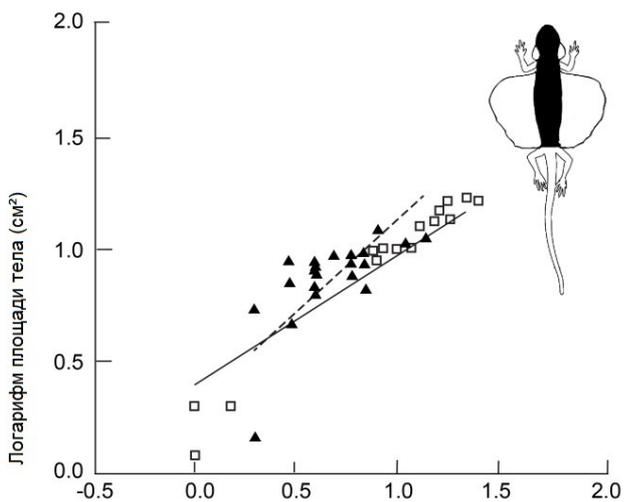
29.2. У «летающих» ящериц имеется патагиум, или летательная перепонка, т.е. складка кожи, натянутая между передними и задними конечностями. Исследователи Russell и Dijkstra (2001) сравнили летательные перепонки и дополнительные аэродинамические поверхности у двух видов ящериц, *Draco volans* ('летающий' дракон) и *Ptychozoon kuhli* ('летающий' геккон).



"Летающая" ящерица



"Летающий" геккон



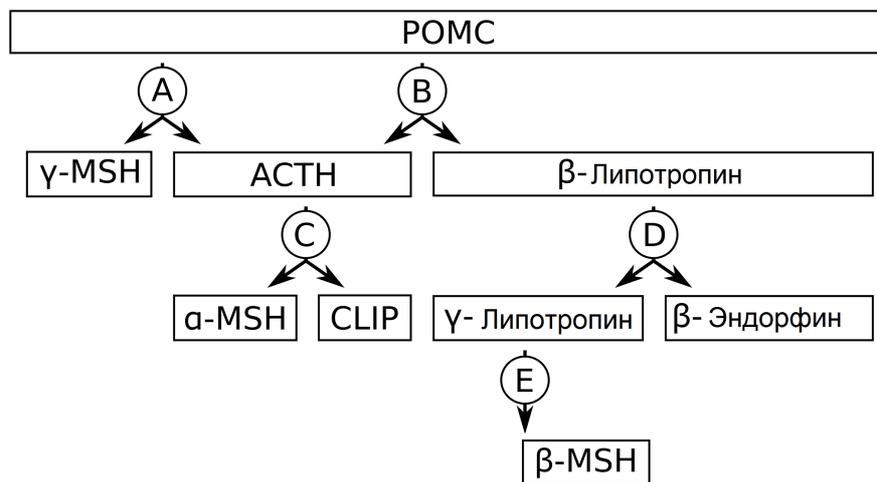
▲----- *Draco volans*; □—— *Ptychozoon kuhli*

Укажите знаком (✓) правильный(ые) вывод(ы), которые можно сделать из этого исследования по поводу морфологических приспособлений у ящериц для передвижения по воздуху, а неправильный(ые) вывод(ы) - знаком (\*). (2 балла)

а. Несмотря на то, что средний вес *D. volans* меньше такового *P. kuhli* соотношение площади тела к единице массы у них практически одинаковое.

- b. Сравнение соотношений площади летательной перепонки к массе тела показывает, что летательная перепонка у *P. kuhli* больше таковой у *D. volans* у особей эквивалентной массы.
- c. Дополнительные приспособления вносят больший вклад в общую доступную аэродинамическую площадь у *D. volans*, чем у *P. kuhli*.
- d. Общая площадь тела у представителей обоих тасонов почти равна.
- e. Относительная площадь, приносимая летательной перепонкой, значительно больше у *D. Volans*, чем у *P. kuhli*, который компенсирует это наличием больших дополнительных складок на хвосте и лапах.

30. В гипофизе из пропептида про-опиомеланокортина (POMC) образуется несколько регуляторных пептидов. POMC расщепляется протеолитическими ферментами с образованием различных продуктов (A – E). У всех пептидов N-конец показан слева, а C-конец справа. Обратите внимание, что каждый фермент расщепляет только «зрелый» пептид-предшественник.



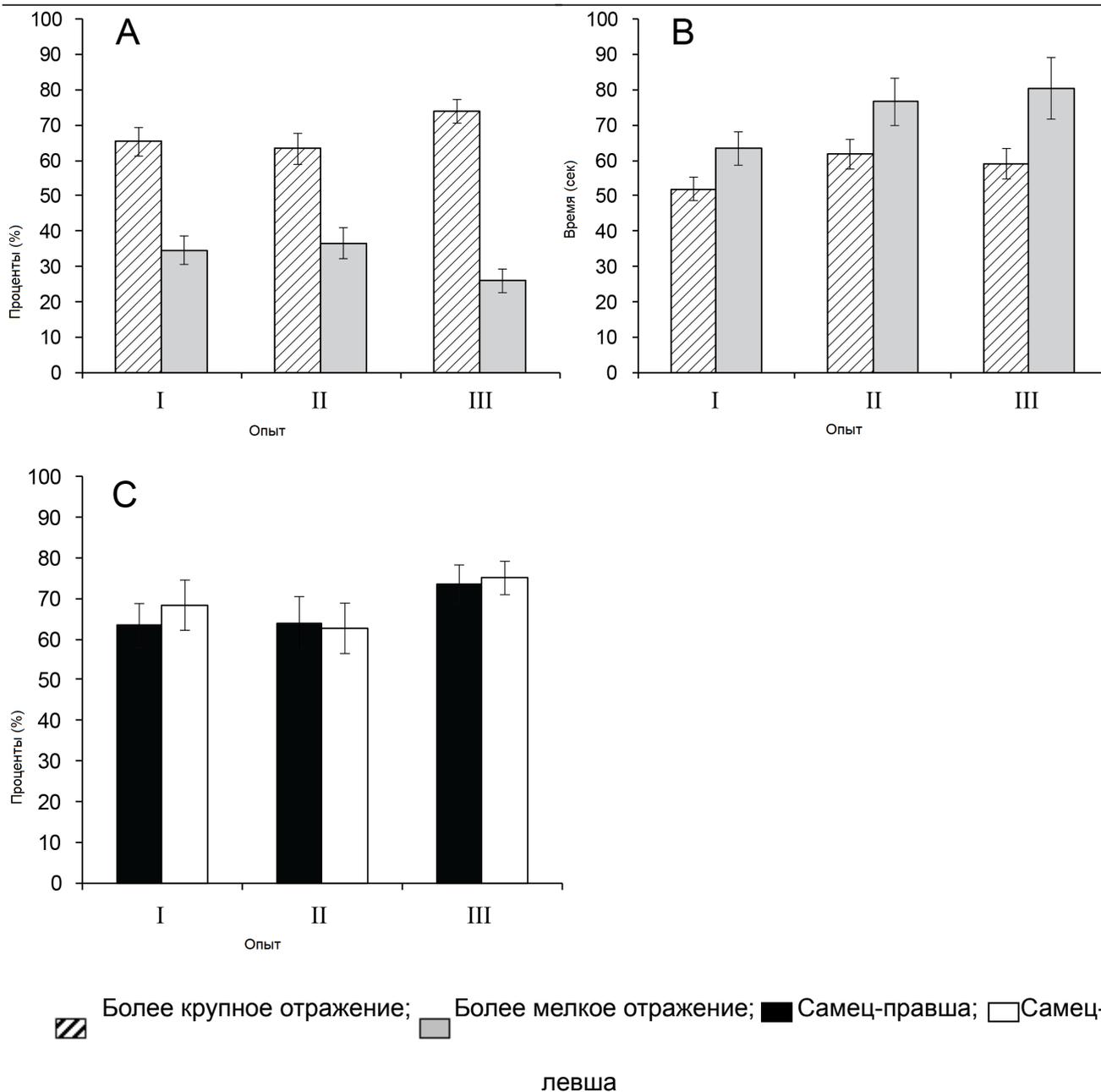
30.1. Укажите минимальное число ферментов, необходимых клетке для образования  $\beta$ -MSH из POMC (1 балл)

---

30.2. Укажите минимальное число ферментов, необходимых клетке для образования  $\alpha$ -MSH из POMC (1 балл)

## ЭТОЛОГИЯ

31. Самцы манящего краба используют свои увеличенные клешни хелипеды (большие хелипеды) для подачи сигналов (т.е. борьбы за пристанище, привлечения самок и т.п.). Студентка исследовала взаимодействие между самцами и самками, используя зеркала для отражения двух различных по величине изображений одного и того же самца краба, привлекающего самку. Комбинации зеркал, используемых в эксперименте, были следующие: 10х : 3х (Опыт I), 3х : 1х (Опыт II) и 10х : 1х (Опыт III). В каждом опыте 20 самкам были показаны десять самцов в трёх попытках каждого опыта. Студентка определяла процент самок (график А) и время, необходимое каждой самке для приближения к каждому отражению (график В) в каждом опыте, а также, являлся ли самец правой или левой (график С).

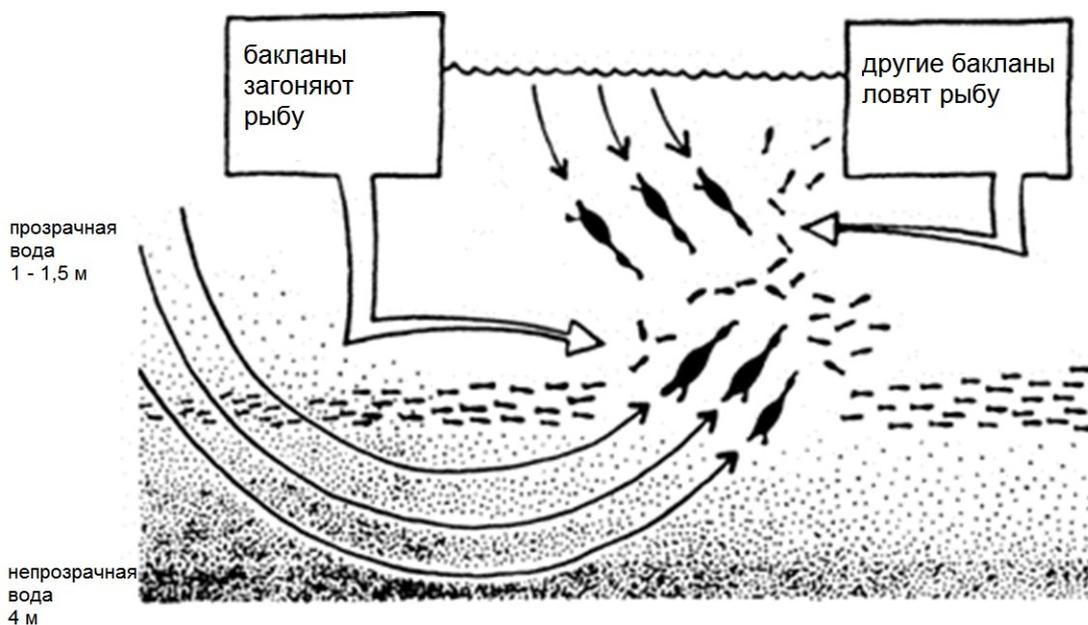


Обозначьте знаком (✓) правильный(е) вывод(ы), который(е) можно сделать относительно взаимоотношений между самцами и самками краба, неправильный(е) - знаком (\*), и недостаточные для принятия решения знаком (-). (1,5 балла)

- a. Самки манящего краба, как правило, предпочитают более крупных самцов.
- b. Праворукость или леворукость самца является важным критерием при выборе партнёра для спаривания.
- c. Самцы, которые быстрее машут клешнями, как правило, привлекают больше самок.
- d. Среднее время, необходимое самкам для выбора, отличается между опытами II и III.

- е. Очевидная разница в величине хелипод у самца может быть необходимым условием для самки при принятии решения.

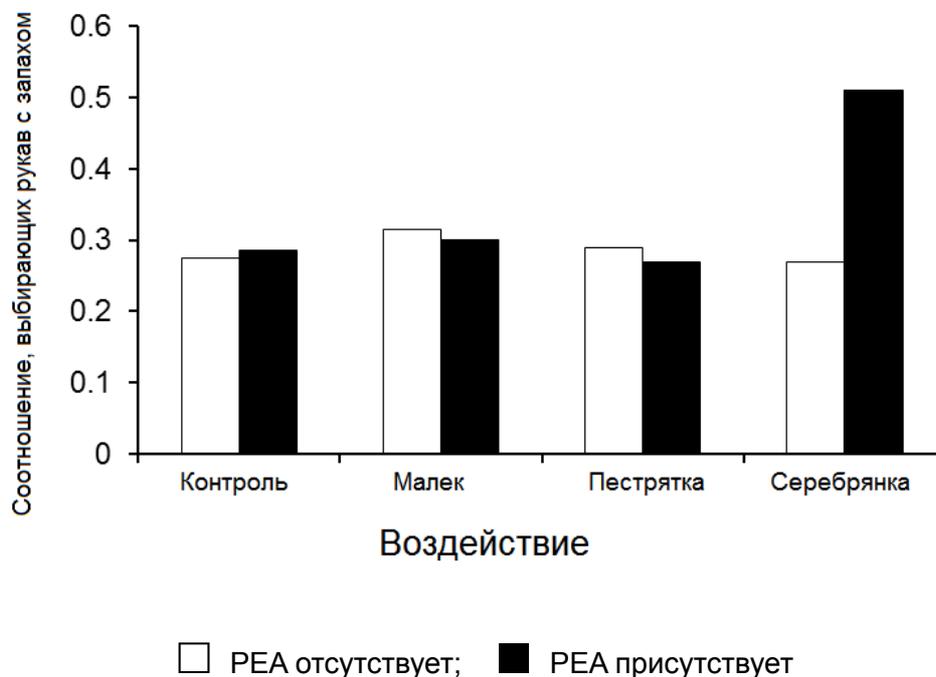
32. Большие бакланы (*Phalacrocorax carbo*) питаются рыбой. Они ныряют в воду и догоняют рыбу, полагаясь на зрение, поэтому чистота воды имеет большое значение. Обычно бакланы охотятся в одиночку, но если вода непрозрачная (мутная), они могут разработать метод совместной охоты в группе. (1,2 балла).



Отметьте знаком (✓) процесс(ы), играющий(е) роль в развитии стратегии совместной охоты у бакланов, а знаком (✗) - неподходящий(е) процесс(ы).

- a. конкуренция
- b. кондиционирование
- c. привыкание
- d. социальное обучение
- e. импринтинг
- f. метод проб и ошибок

33. На рисунке ниже описаны результаты Дитмана с соавторами (1999), показывающие поведенческий ответ зрелой выращенной в садках рыбы кижуч, *Oncorhynchus kisutch*, на искусственную отдушку,  $\alpha$ -фенилэтиловый спирт (РЕА), который помещали в один из рукавов в специальном садке с запаховым коридором с двумя рукавами. Используемая в эксперименте рыба подвергалась воздействию РЕА при выращивании в садке на различных стадиях развития (стадии малька (стадия I), пестрятки (стадия II) и серебрянки (стадия III)) до созревания и проведения исследования. Контрольная рыба никогда не подвергалась воздействию РЕА.



Укажите знаком (✓) правильное(ые) вывод(ы), знаком (✗) - неправильный(ые) и недостаточный(е) для принятия решения знаком (-). (1,2 балла)

- Кижуч, на которого предварительно воздействовали РЕА, одинаково часто выбирал оба рукава запахового коридора.
- Возраст кижуча является наиболее важным критерием для выбора реки для икрометания.
- Химические сигналы играют второстепенную роль у кижуча в хоминге (поиска реки, где рыба вылупилась).
- У кижуча существует критический период для обонятельного импринтинга.

**ГЕНЕТИКА И ЭВОЛЮЦИЯ**

34. Батесон и Паннетт (1908) исследовали окраску цветов и форму пыльцевых зерен у душистого горошка (*Lathyrus odoratus*, родственного гороху, *Pisum sativum*, который исследовал Мендель). Они скрестили гомозиготное растение с фиолетовыми цветками и длинными пыльцевыми зернами с гомозиготным растением с красными цветками и круглыми пыльцевыми зернами. В поколении F<sub>2</sub> они получили следующие результаты:

Фенотип	Количество
Фиолетовые цветки, длинные пыльцевые зерна	296
Фиолетовые цветки, круглые пыльцевые зерна	19
Красные цветки, длинные пыльцевые зерна	27
Красные цветки, круглые пыльцевые зерна	85
Общее число особей в потомстве	427

- 34.1. Если наследование признаков происходит независимо, то какого соотношения фенотипов можно ожидать? Внесите ожидаемые значения для соответствующих фенотипов и протестируйте независимый характер наследования путем определения значений  $\chi^2$ . (4 балла)

df	$\chi^2$
1	3,841
2	5,991
3	7,815
4	9,488
5	11,070

Таблица: значения  $\chi^2$  для уровня значимости  $p = 0.05$

- 34.2. Отметьте знаком (✓) подходящее объяснение, а неподходящие объяснения - знаком (\*). (0,8 балла)

---

35. Недавно была установлена последовательность ДНК генома семги (*Salmo salar*), состоящего из 28 пар аутосом и одной пары половых хромосом (XY). Методом микроинъекции ДНК удалось успешно перенести в эмбрионы семги на стадии зиготы трансгенную конструкцию с геном гормона роста. В результате были получены 4 трансгенные особи, ( $F_0$  основатели), 2 самца и 2 самки. Трансген гормона роста регулируется специфическим для печени энхансером и у всех четырёх родительских особей наблюдался высокий уровень гормона роста в плазме, что приводило к усиленному росту особей. Было подтверждено, что в их геном включилась единственная копия трансгена. Путем скрещивания можно вывести стабильную линию семги с усиленным ростом. Для получения поколения  $F_1$  трансгенные самки и самцы-основатели ( $F_0$ ) были скрещены с особями противоположного пола дикой (не трансгенной) семги.

35.1. При получении поколения  $F_2$  вас попросили провести близкородственное скрещивание для получения гомозиготных трансгенных особей, несущих трансген гормона роста. Каким будет ожидаемое соотношение генотипов в поколении  $F_2$  в %? (1,5 балла)

35.2 При проверке соотношения мужских и женских особей в поколении  $F_2$  обнаружилось, что число женских особей (70%) всегда превышает число мужских особей (30%), независимо от того, отсутствовал ли трансген гормона роста вообще или присутствовал в гетерозиготном или гомозиготном состоянии у особей в поколении  $F_2$ . Отметьте из ниже представленных вариантов вероятную(ые) причину(ы) этого знаком ( $\checkmark$ ), а неподходящую(ие) причину(ы) знаком ( $\times$ ). (0,8 балла)

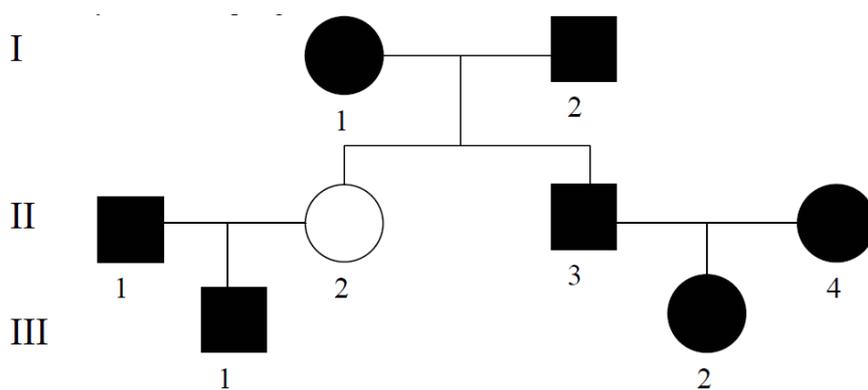
- a. Эпигенетическое замолкание у некоторых самцов выключило трансген гормона роста.
- b. Интеграция трансгена гормона роста оказалась нестабильной.
- c. Наряду с половыми хромосомами XY факторы окружающей среды могут играть вторичную роль в определении пола.
- d. Трансген гормона роста транслоцировался в половые хромосомы, что привело к изменению пола у некоторых самцов на противоположный.

36. Кур с короткими крыльями и ногами называют “криперы”. При скрещивании криперов с нормальными особями в потомстве с одинаковой частотой встречаются криперы и нормальные особи. При скрещивании криперов между собой в потомстве наблюдается соотношение 2 крипера к 1 нормальной особи. Скрещивание нормальных особей приводит только к нормальному потомству.

36.1. Какой генотип обеспечивает фенотип криперов и нормальных кур в самом простом случае? Укажите правильный(е) ответ(ы) знаком (✓), а неправильный(е) ответ(ы) - знаком (\*). (0,6 балла)

36.2. Отметьте правильный фенотип кур, несущих два аллеля коротконогости знаком (✓), а неправильные фенотипы - знаком (\*). (0,5 балла)

37. Чёрная окраска шерсти морских свинок определяется доминантным геном В, а белая окраска - его рецессивным аллелем b. Предположим, что особи II1 и II4 не несут рецессивный аллель.



37.1. Какова вероятность того, что особь III3 является гетерозиготной? (1 балл)

37.2. Какова вероятность того, что один конкретный потомок от скрещивания III1 и III2 будет иметь белую окраску шерсти? (1 балл)

38. Некоторые комбинации аллелей могут приводить к определенному психическому заболеванию у человека. В Таблице представлены активности определенного фермента для различных генотипов (даны в процентах от нормальной активности)

Аллель 2	Аллель 1							
	R231X	P292L	R407W	IVS-12	E290K	R158Q	R271Q	Y424C
R231X	<1							
P292L	<1	<1						
R407W	<1	<1	<1					
IVS-12	<1	<1	<1	<1				
E290K				~2	<3			
R158Q					~6.5	10		
R271Q					X	~20	30	
Y424C						Y	40	50

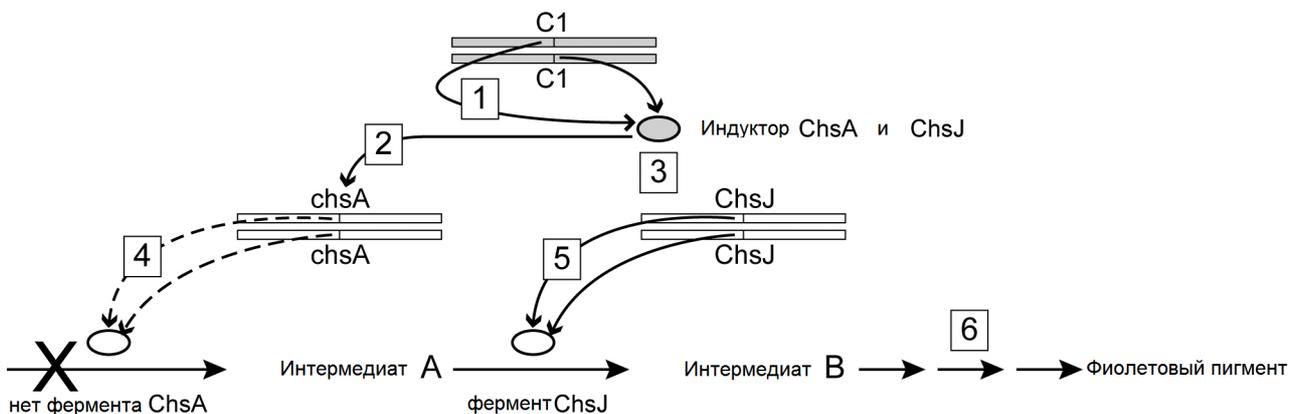
Все особи, как гомозиготные, так и гетерозиготные, по любым комбинациям первых 5 аллелей, перечисленных выше, проявляют классические симптомы заболевания. Однако индивидуумы, гетерозиготные по Y424C и любому из первых четырёх аллелей имеют умеренно выраженные симптомы. Гомозиготы R158Q/R158Q показывают классические симптомы заболевания, тогда как гомозиготы R271Q/R271Q и гетерозиготы R271Q/Y424C показывают умеренно выраженные симптомы.

- 38.1. Какова активность этого фермента у индивидуумов с генотипами, обозначенными X (R271Q/E290K) и Y (Y424C/ R158Q)? (2 балла)

- 38.2. Каков критический уровень, разделяющий индивидуумов с классическими симптомами и особей с умеренными симптомами? (1 балл)

39. У некого хлебного злака образование антоцианина регулируется несколькими генами. В отсутствие антоцианина листья проростка имеют обусловленную хлорофиллом зелёную окраску. В присутствии антоцианина проростки имеют фиолетовый цвет. Локус гена, названного *Бесцветный 1* (C1), очевидно, функционирует как трансактивирующий индукторный локус, по крайней мере, для двух других локусов (*ChsA* и *ChsJ*), которые кодируют два фермента в метаболическом пути синтеза антоцианина (см. рисунок ниже). У растений с гомозиготными рецессивными генотипами биосинтез антоцианина блокирован, как это показано для *ChsA* на рисунке. Предположим, что существуют следующие условия: (i) независимое расщепление по всем трем локусам; и (ii) гомозиготность по рецессивному аллелю любого из трех локусов приводит к зеленому цвету проростка.

Отметьте знаком (✓) ожидаемые фенотипические соотношения в потомстве от двух скрещиваний, показанных в таблице **в Листе Ответов**, а неподходящее знаком (\*). (2,0 балла)



40. Сумчатые кроты (отряд *Notoryctemorphia*) населяют области песчаных пустынь Южной и Западной Австралии и Северных Территорий. Они роют ходы в песке, выталкивая песок позади себя, создавая впечатление “плавания” по песку. Глаза сумчатого крота полностью покрыты кожей, имеют около 1 мм в диаметре и не имеют ни хрусталика, ни зрачка. Зрительный нерв значительно редуцирован. Обозначьте правильное(ые) утверждение(ия) (а – е) для описания глаз сумчатого крота знаком (✓), а неправильное(ые) утверждения - знаком (\*). (1 балл)

- Отсутствие хрусталика является гомологичным отсутствию сложных глаз у пещерных насекомых.
- Значительно редуцированный зрительный нерв представляет собой рудиментарный орган.
- Глаза сумчатого крота и глаза кенгуру являются аналогичными органами.

41. Ген межфоторецепторного ретиналь-связывающего белка (IRBP) - это представленный в единственной копии ген, продукт которого участвует в регенерации родопсина в зрительном цикле у млекопитающих. Этот ген был секвенирован и его последовательность сравнили у разных сумчатых. Отрезок последовательности кодирующей цепи IRBP показан ниже. Учтите, что это не начало гена, и на рисунке указана правильная рамка считывания.

	5'	451	Reading frame	500	3'
			┌───┐		
Echymipera		TATGCTAT	TGCATGTCGACACAGTAT-ATGATCGACCATCAAACACTACT		
Dromiciops		TGTCCTGCTG	CACGTAGACACAGTTT-ATGACCGGCCATCAAACACCACC		
Vombatus		TAATCTGCTG	CATGTAGACACAGTTT-ATGACCGGCCATCAAACACCACC		
Notoryctes		TATCCTGCTAC	ATGTAGACACCGTTTATGACCGGCCATCAAACACCACC		

41.1. Начиная с кодона, образовавшегося в результате мутации сдвига рамки считывания, напишите три последовательные аминокислоты, которые кодирует этот ген у *Vombatus* и *Notoryctes*.. Используйте таблицу генетического кода из **Вопроса 1**. (1,8 балла)

- 41.2. Отметьте верное(ые) утверждение(я) знаком (✓), неверное(ые) утверждение(я) - знаком (\*), а недостаточное(ые) для принятия решения утверждение(я) - знаком (-).  
(0,9 балла)

По сравнению с таковым у *Vombatus* , белковый продукт гена IRBP у *Notoryctes* будет:

- a. содержать множественные замены аминокислот.
- b. не будет транслироваться, так как он потерял стартовый кодон.
- c. будет укорочен, так как он содержит СТОП кодон ближе к точке начала трансляции.

**ЭКОЛОГИЯ**

42. Зональное распределение улиток-литторин на побережье Сингапура изучалось на крутом обрыве и пологом склоне. На крутом обрыве были найдены два вида улиток-литторин (Рисунок А), а третий вид был обнаружен на пологом склоне (Рисунок В).

Распространение улиток регистрировалось в июле, сентябре и декабре 2002 года, когда средние температуры на поверхности камней составляли 42 °С, 34 °С и 27 °С соответственно.

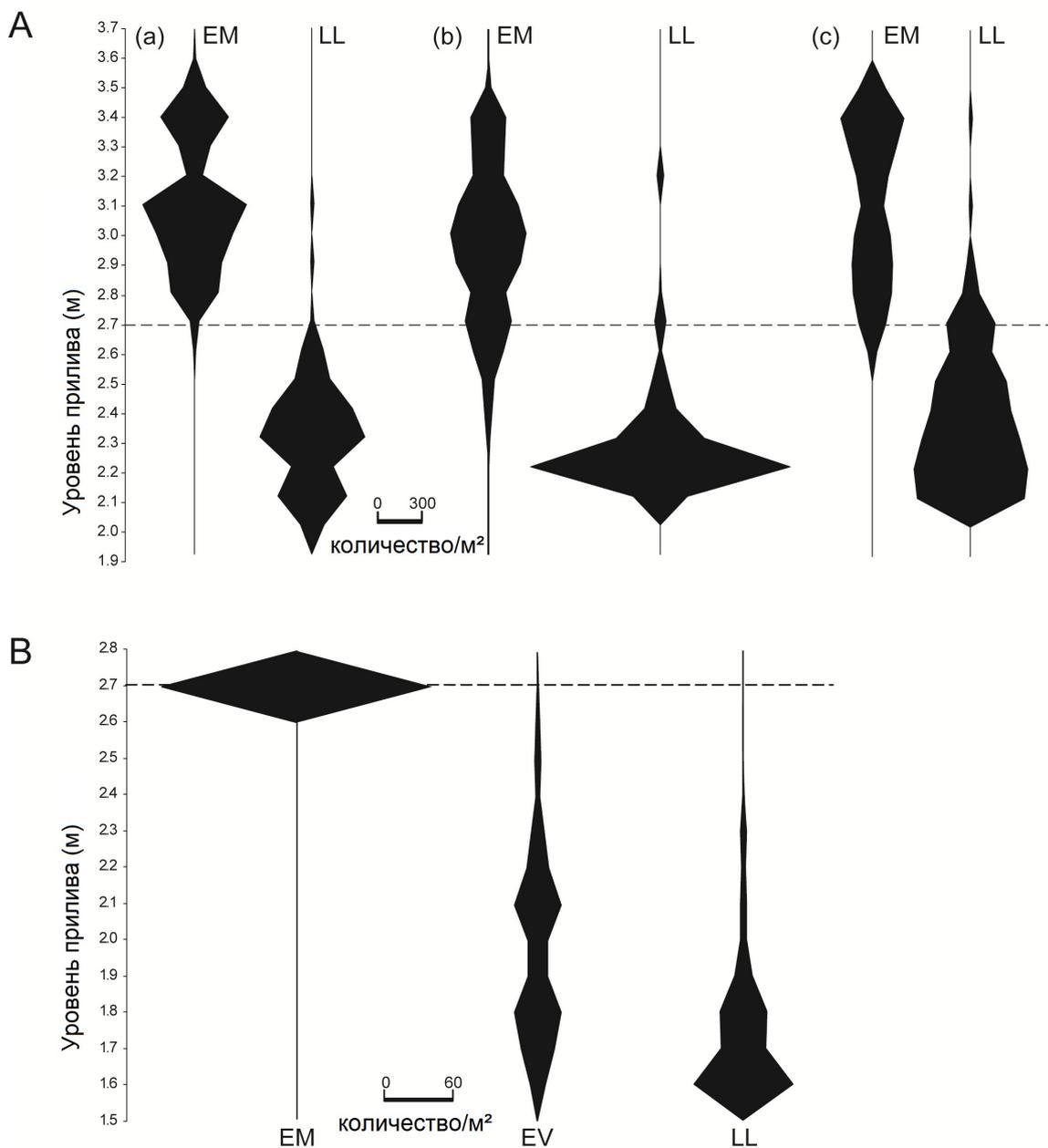


Диаграмма показывает распространение видов литторин на (А) крутом обрыве: (а) в июле, (b) в сентябре, (c) в декабре 2002; (В) на пологом склоне.

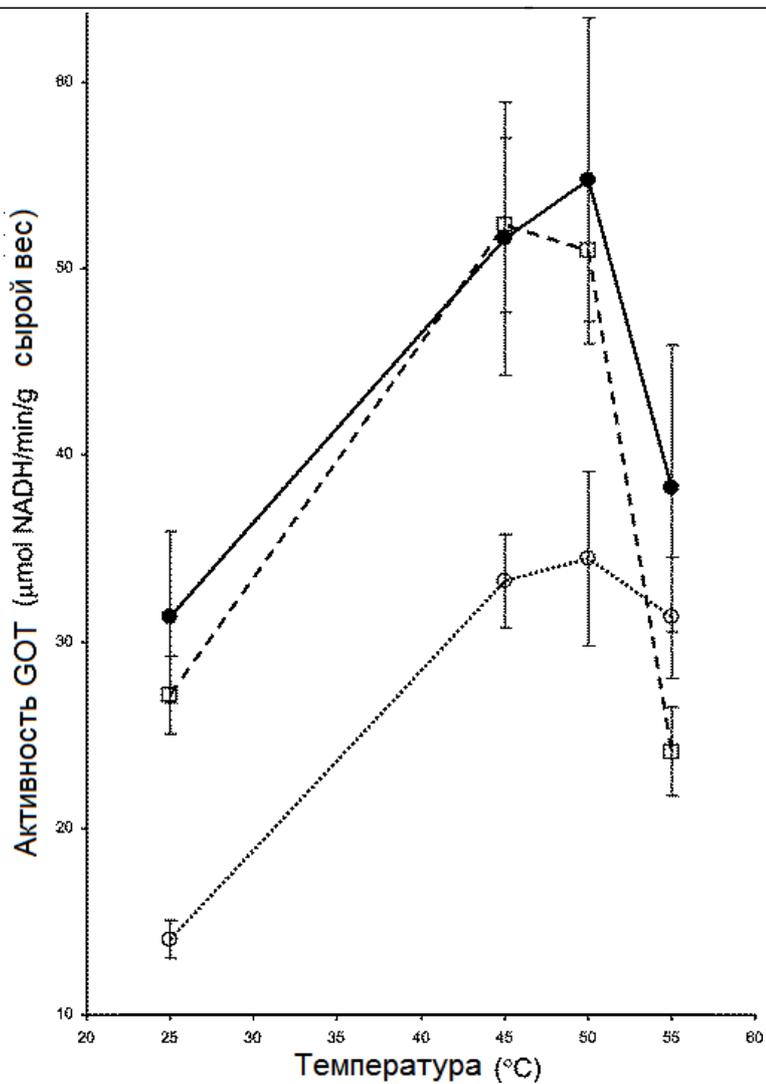
---

EM: *Echinolittorina malaccana*; EV: *E. vidua*; LL: *Littoraria* sp.;— — Средняя величина уровня поднятия воды во время прилива (MHWS).

42.1. Отметьте правильный(ые) вывод(ы) относительно характера распространения улиток-литторин знаком (✓), неправильный(ые) вывод(ы) - знаком (\*), а недостаточные для принятия решения описания знаком (-) . (2 балла)

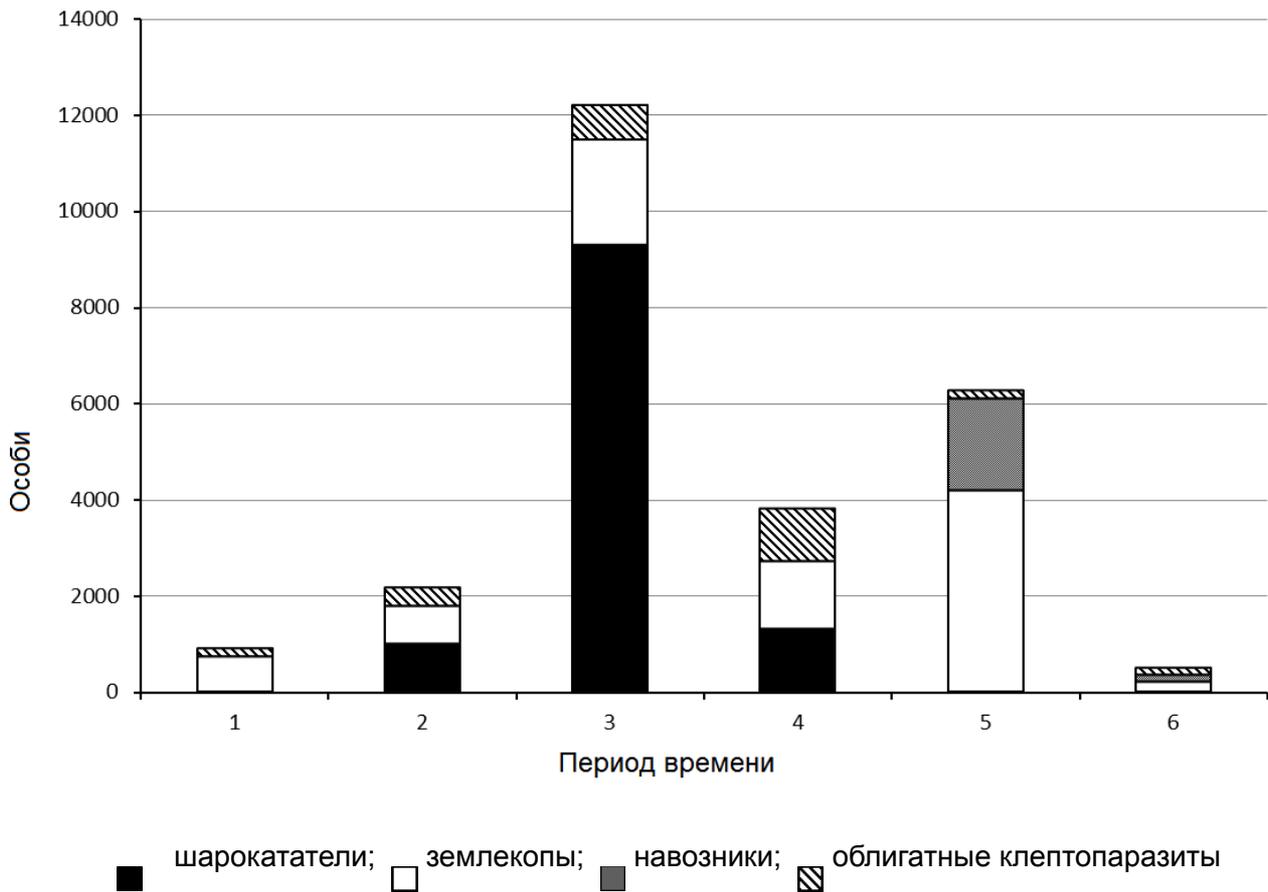
- a. Время сбора не оказывает влияния на характер распространения двух видов литторин на крутом обрыве.
- b. *Echinolittorina vidua* и *Littoraria* sp. имеют похожие зоны распространения.
- c. Верхняя граница зоны распространения *Echinolittorina malaccana* на крутом обрыве оставалась постоянной независимо от периода сбора.
- d. Предпочтительная зона заселения *Echinolittorina malaccana* на крутом обрыве меньше, чем таковая для *Littoraria* sp. на пологом склоне
- e. *Echinolittorina vidua* менее толерантна к жаре, чем ее симпатрический вид, *E. malaccana*.

42.2. Улитки были собраны, и экстракты шести образцов тканей каждого из трех таксонов инкубировались отдельно при различных температурах. В них была определена активность глутамат-оксалоацетат аминотрансферазы (GOT), и результаты этого определения представлены на графике ниже. Укажите правильный таксон (EM, EV или LL), который соответствует графикам, представленным в таблице в **Листе Ответов** (1,5 балла).



43. Экология группы жуков-навозников изучалась в Западной Африке группой ученых под руководством Krell-Westerwalbesloh в 2004 году. Сообщество жуков была разделена на четыре категории: (i) «шарокататели», (ii) «землекопы», (iii) «истинные навозники», и (iv) облигатные клептопаразиты. Шарокататели быстро (меньше чем за час) скатывают шарики из навоза, затем откатывают их от источника питания и хранят их на или в земле, обеспечивая тем самым исключительное право пользования этим навозом. Землекопы роют гнезда прямо под источником питания и транспортируют навоз в гнездо, где они формируют (в течение нескольких часов) навозные шарики. Навозники (или афодии) питаются и размножаются прямо в навозной лепешке. Клептопаразиты используют порции экскрементов, монополизируемые другими группами, т.е. проникают в навозные шарики, сделанные шарокатателями, или в подземные гнезда землекопов. Численность (см. таблицу) и способность к полету (см. график) этих жуков (объединенные данные 15 образцов) были исследованы в течение шести различных периодов в течение суток.

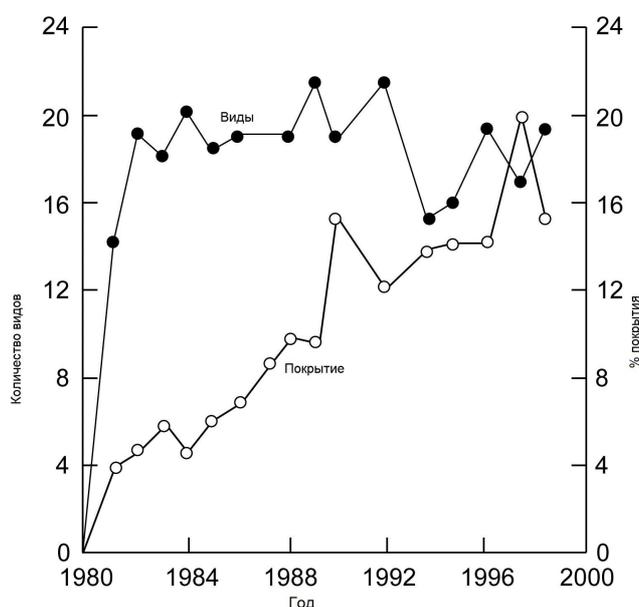
Время суток	1		2		3		4		5		6	
	0200-0600 ч		0600-1000 ч		1000-1400 ч		1400-1800 ч		1800-2200 ч		2200-0200 ч	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Навозники	51	6.46	31	1.45	4	0.03	78	2.09	1795	27.91	172	48.45
Облигатные клептопаразиты	51	6.46	536	25.01	1351	10.87	1230	33.00	253	3.93	24	6.76
Шарокататели	34	4.30	997	46.52	8559	68.87	1243	33.35	22	0.34	45	12.68
Землекопы	654	82.78	579	27.02	2514	20.23	1176	31.55	4362	67.82	114	32.11



Отметьте правильный(е) вывод(ы), который(е) можно сделать из этого исследования знаком (✓), неправильный(е) вывод(ы) - знаком (✗), а недостаточные для принятия решения информации знаком (-). (1,8 балла)

- В сообществе навозных жуков существует напряжённая конкуренция.
- Шарокататели доминируют в сообществе навозных жуков.
- Четыре группы навозных жуков не могут сосуществовать, так как они используют одни и те же ресурсы одинаковым образом.
- Одна или более групп будут в конечном итоге побеждены конкурентами и исчезнут из сообщества.
- Результаты этого исследования подтверждают принцип конкурентного исключения Гаузе и предоставляют доказательства разделения ресурсов.
- „Реализованная ниша“ каждой группы подобна соответствующей ей „фундаментальной нише“.

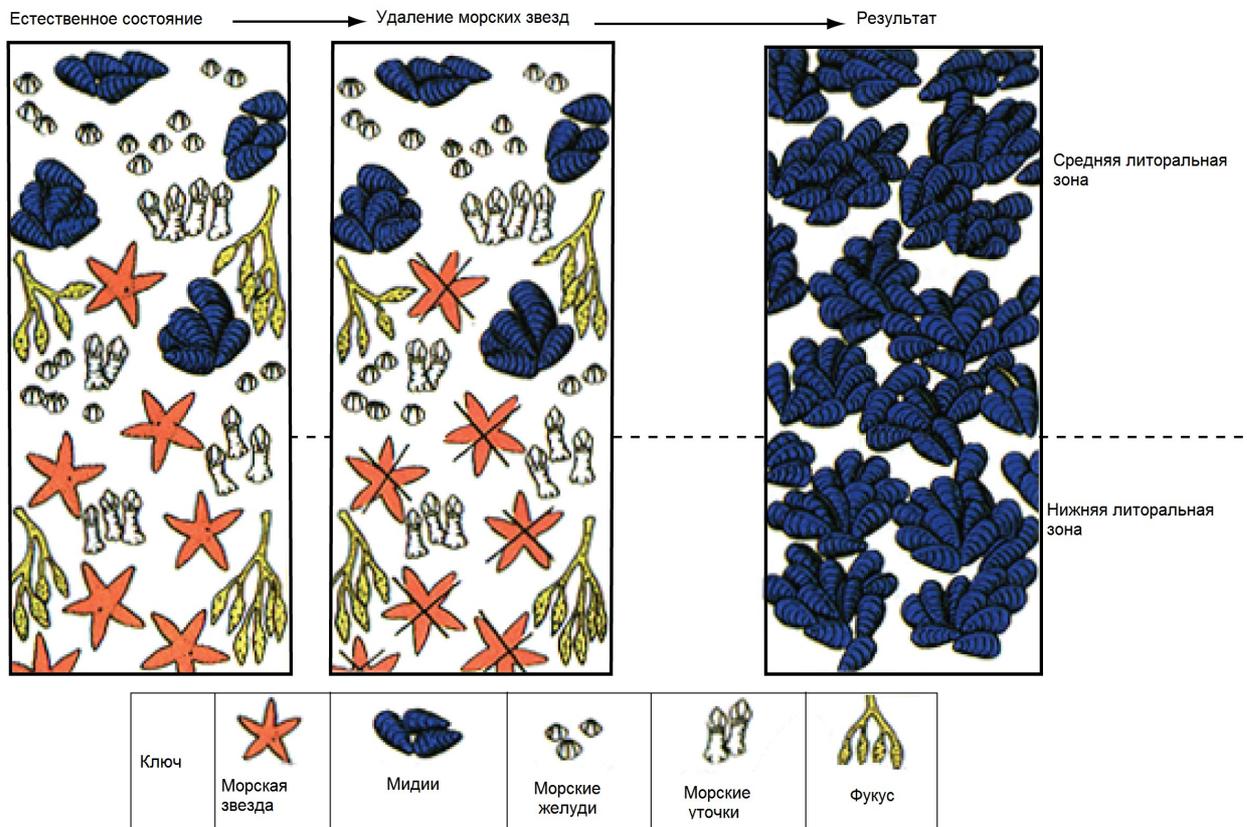
44. 18 мая 1980 года произошло внезапное извержение вулкана St. Helens на юго-западе штата Вашингтон (США). После извержения остался бедный питательными веществами ландшафт, очень засушливый и с частыми колебаниями поверхности почвы. Для наблюдения за процессом восстановления после извержения в нескольких точках над верхней линией произрастания лесов вокруг кратера были заложены постоянные опытные участки. На рисунке ниже показаны число видов и процент покрытия на одном из таких участков с 1981 по 1998 год.



Укажите знаком (✓) правильный(е) вывод(ы), которые можно сделать из вышеприведённого рисунка, а неправильный(е) вывод(ы) - знаком (✗). (1,2 балла)

- Извержение погубило всю растительность над верхней линией произрастания лесов.
- Вторичная сукцессия после извержения происходит очень быстро
- Ни пространство, ни свет не являются ограничивающим фактором в этой среде.
- После 1982 появилось только несколько новых видов.
- Общий растительный покров на этой территории возрастал относительно медленно из-за суровых условий вулканических отложений.
- На наблюдаемом участке было достигнуто стабильное растительное сообщество из 20 видов, указывающее на стадию климакса в процессе данной сукцессии.

45. На схематическом изображении внизу показано моделирование морского сообщества для исследования взаимоотношений между его популяциями.

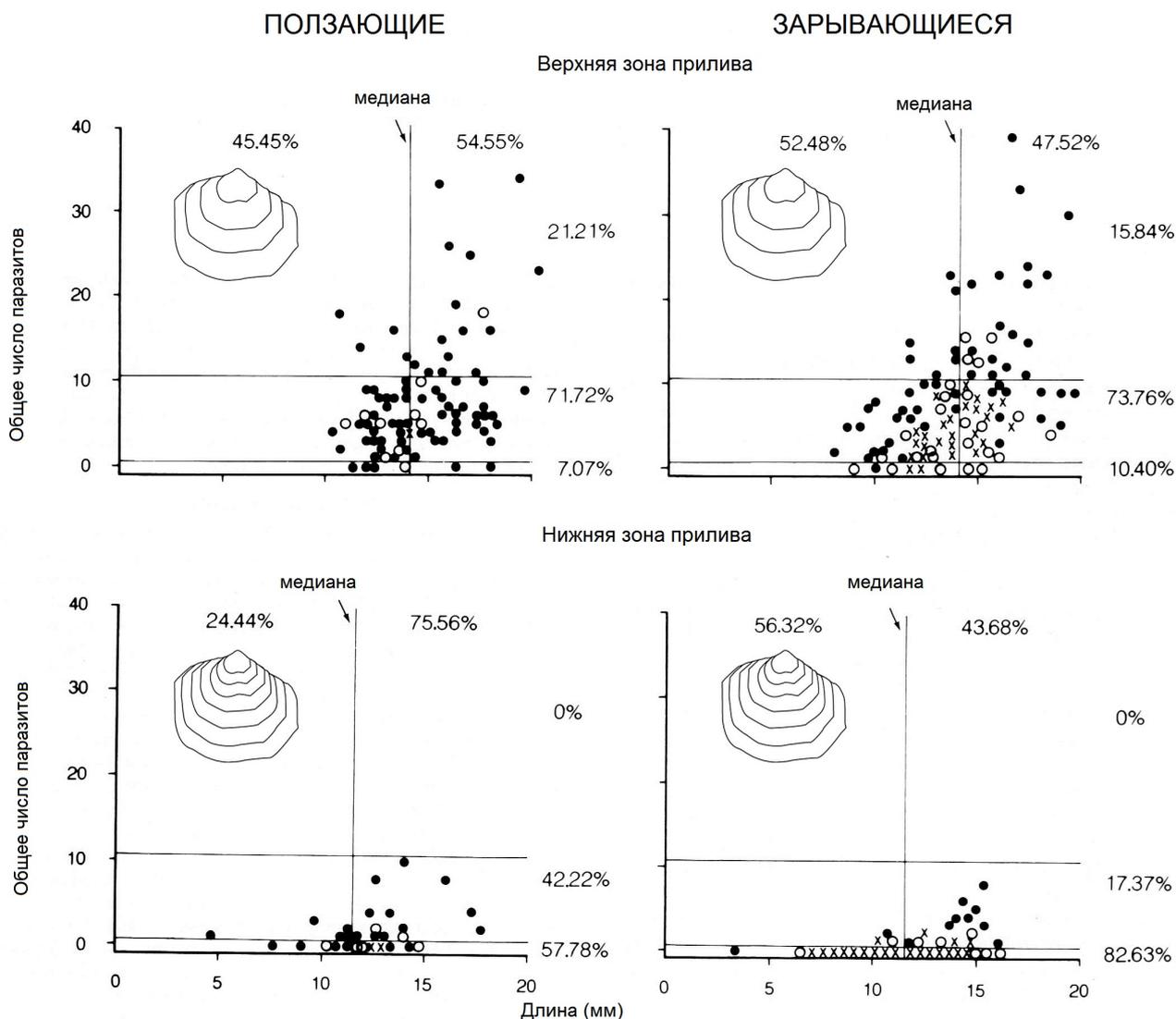


Морская звезда – Asteroidea, Моллюски – Lammellibranchia, Морские желуди – Cirripedia, Морские уточки – Cirripedia, Фукус - Phaeophyta

Основываясь на рисунке, отметьте верное(ые) утверждение(я) знаком (✓), а неверное(ые) - знаком (X). (1,8 балла)

- В своём естественном состоянии сообщество включает четыре вида Царства Животные.
- Все животные этого сообщества имеют три зародышевых оболочки и являются вторичноротыми животными.
- Животные относятся к типам Иглокожие, Моллюски и Членистоногие.
- В своей естественной среде морские звезды являются ключевым видом.

- e. В своей естественной среде плотность моллюсков больше в средней литоральной зоне, чем в нижней литоральной, так как в нижней литоральной зоне живут морские звезды.
  - f. В конце исследования сообщество входит в состояние коллапса и только одна популяция расширяет свою экологическую нишу.
  - g. Было показано конкурентное исключение других популяций моллюсками.
  - h. Моллюски заселяют фундаментальную нишу, включающую среднюю и нижнюю литоральную зоны.
  - i. Природные условия включают биотические взаимодействия, такие как межвидовая конкуренция и хищничество
46. Скорость роста большинства литоральных организмов снижается по направлению к берегу. Исследователи Lim and Green (1991) изучали популяцию распространённого двусторчатого моллюска *Macoma balthica* на двух уровнях побережья Гудзонова залива в Канаде. Как видно из рисунка ниже, на поверхности раковин моллюсков двух субпопуляций хорошо видны годовые кольца. Моллюски из этих двух зон не отличались генетически. Обычно моллюск зарывается в субстрат и невидим для хищников. Он является промежуточным хозяином трематод. Дочерние спороцисты паразита находятся главным образом в гонадах моллюска, вызывая их частичное или полное исчезновение. Основным хозяином трематод являются ржанки, которые в большом количестве присутствуют в верхней части береговой зоны во время отлива. Было замечено, что моллюски Гудзонова залива оставляют по время отлива особенные следы на песке. Было подсчитано число метацеркариев (следующая стадия в цикле развития паразита), инкапсулированных на внутренней поверхности раковины, у ползающих и зарывающихся моллюсков в двух зонах литорали.



Количество моллюсков обозначено символами: ○, 1; ●, 2; x, ≥ 3. Вертикальная линия разделяет моллюсков, которые были меньше или больше, чем их средняя длина на соответствующем их местообитанию уровню литорали.

Отметьте знаком (✓) правильный(ые) вывод(ы) о поведении и биологии моллюска, а неправильный(ые) вывод(ы) - знаком (✗). (2,8 балла)

- a. Скорость роста *Macoma balthica* в Гудзоновом заливе подтверждает общее правило для большинства литоральных организмов, утверждающее, что организмы в нижней зоне литорали растут быстрее, чем организмы в верхней зоне прилива.
- b. Относительно большая часть моллюсков в верхней части береговой линии была поражена паразитами.

- 
- c. Поведение, связанное с зарыванием моллюсков, может повышать вероятность завершения цикла развития паразита.
  - d. Моллюски, которые зарываются в песок, как правило несут больше цист с метацеркариями, независимо от места обитания в литоральной зоне.
  - e. Увеличение доступности моллюсков для ржанок, основного хозяина трематод, в верхней части береговой линии, может, вероятно, объяснить разницу в количестве паразитов между двумя субпопуляциями.
  - f. Высокая заражённость паразитами усиливает соматический рост, так как затраты на воспроизведение снижаются из-за «кастрации» моллюсков трематодами.
  - g. Факторы окружающей среды вероятно играют более важную роль в определении скорости роста субпопуляций, чем наследственность.

**БИОСИСТЕМАТИКА**

47. Сопоставьте характерные признаки с соответствующими организмами. (1,2 балла)

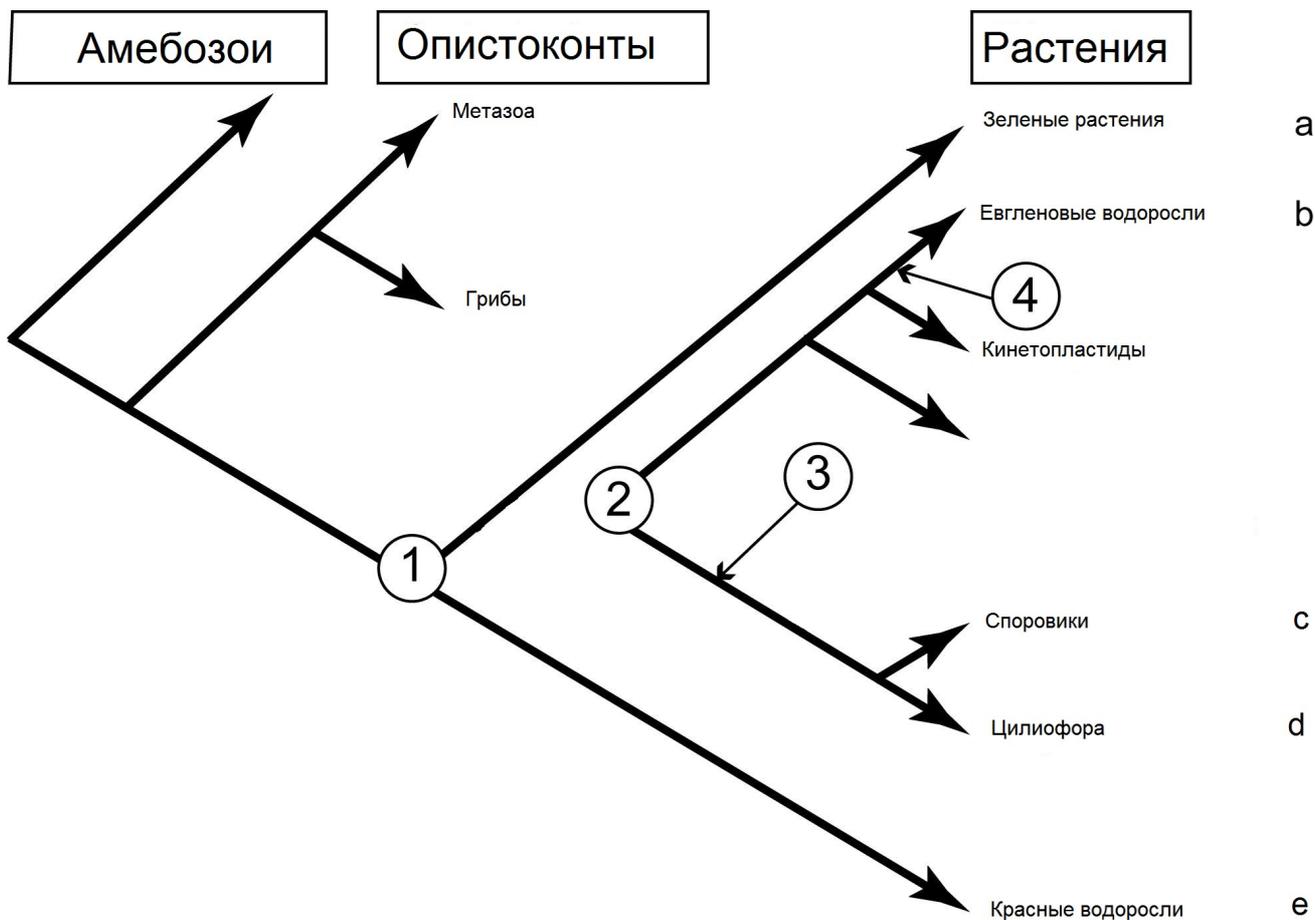
Признаки:

- I. Книжные легкие, коготки ранее состояли из трех частей, но сейчас уменьшены только до двух, мышечная глотка
- II. Редуцированные ребра, во время онтогенеза происходит метаморфоз
- III. Задние конечности покрыты чешуёй, дыхательный орган с использованием вентилируемых воздушных мешков, подвижная верхняя челюсть (максилла) и нижняя челюсть (мандибула)
- IV. Тонкие трубкообразные органы выделения, заканчивающиеся между средней и задней кишкой, тело состоит из трёх частей (тагм), пара антенн
- V. Специализированные эпителиальные мышечные клетки, стрекательные клетки, радиальная симметрия тела
- VI. Использует сосуды Лоренцини для восприятия электрических полей и разниц температуры, хрящевой скелет, жаберные щели (спиракулюм)

Организмы:

- a. белая акула (*Carcharodon carcharias*)
- b. муха комнатная (*Musca domestica*)
- c. птица, обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus*)
- d. кораллы-мозговики (Faviidae)
- e. европейский паук-крестовик (*Araneus diadematus*)
- f. травяная лягушка (*Rana temporaria*)

48. Одна из известных гипотез возникновения и эволюции пластид показана на рисунке ниже



Процессы, способствующие эволюции, представлены под номерами (1-4) на диаграмме выше: (1) первичный эндосимбиоз, (2) потеря первичных пластид, (3) и (4) вторичный эндосимбиоз. Эти процессы привели к присутствию или отсутствию определённых пластид у различных таксономических групп.

Соотнесите таксоны (а – d) с соответствующими типами пластид в **Листе Ответов**. (1,2 балла)

49. Учёные, занимающиеся кладистической систематикой, применяют сравнение между группами для дифференцировки производных признаков и общих исходных признаков. При этом они используют внешнюю группу, тесно связанную с одной из изучаемых. При этом должно соблюдаться следующее условие: внешняя группа должна быть менее родственной каждому члену исследуемой группы, чем члены этой группы между собой. Гипотеза: Исходные признаки, предшествующие дивергенции обеих групп являются гомологиями.
- Учитывая эти теоретические предпосылки, некоторые исследователи изучили группу и полученную информацию представили в следующей таблице.

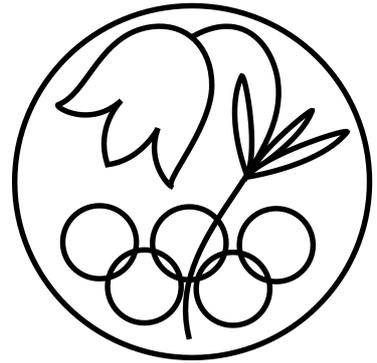
Признаки	Животные обозначены кодом, состоящим из двух знаков					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
a. Шерсть	0	0	0	0	1	0
b. Амниотическое яйцо с дополнительными зародышевыми мембранами	0	1	0	0	1	0
c. Четыре ноги для передвижения	0	1	0	0	1	1
d. Соединенные челюсти	0	1	1	0	1	1
e. Позвоночник	0	1	1	1	1	1
f. Нотохорда	1	1	1	1	1	1

Обозначения: 0 - признак отсутствует; 1 - признак присутствует

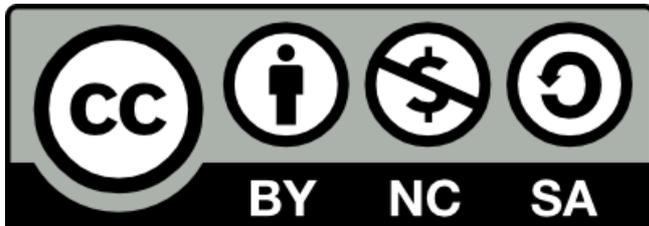
- 49.1. Проанализируйте представленную выше информацию и определите внешнюю группу. (0,2 балла)
- 49.2. Определите признаки (a – f), являющиеся общими для внешней и внутренней групп. (0,2 балла)

- 49.3. Определите исходный признак, имеющийся у всех представителей только внутренней группы. (0,2 балла)
- 49.4. Определите последний пункт дивергенции этой кладограммы, приведенной в **Листе Ответов**, используя наиболее подходящий признак. (0,2 балла)
- 49.5. Заполните в **Листе Ответов** кладограмму, наилучшим образом отобразив взаимоотношения между A1 и A6, проанализировав приведенную информацию. (1,8 балла)

**КОНЕЦ ЧАСТИ 1**



All IBO examination questions are published under the following Creative Commons license:



CC BY-NC-SA (Attribution-NonCommercial-ShareAlike) - <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

The exam papers can be used freely for educational purposes as long as IBO is credited and new creations are licensed under identical terms. No commercial use is allowed.

Country: \_\_\_\_\_

Student Code: \_\_\_\_\_

## 23rd INTERNATIONAL BIOLOGY OLYMPIAD

8<sup>th</sup> – 15<sup>th</sup> July, 2012

SINGAPORE



THEORETICAL TEST – PAPER 1

Write all answers in the **ANSWER SHEET**

## Dear Participants

- You have a total of 3 hours (180 minutes) for answering this theory paper.
- Use the **Answer Sheet**, which is provided separately, to answer all the questions.
- The answers written in the Question Paper will **NOT** be evaluated.
- Write your answers legibly. **Note that there may be more than one correct/incorrect answer and every cell should be filled.**

For example:

a	b	c	d	e
x	✓	x	x	✓

- **NOTE**: Some of the questions may be marked “Skipped” / “Deleted”. DO NOT attempt these questions. Also, read the question completely before attempting it as some questions may continue from one page to the next.
- The maximum number of points for this paper is 89.3.
- Stop answering and put down your pen IMMEDIATELY when the bell rings.
- Your Answer Sheets as well as the Theoretical Test question paper will be collected at the end of the test period.

Good Luck! 😊

---

## CELL BIOLOGY

1. The Table below shows the genetic codes of amino acids.

	U	C	A	G	
<b>U</b>	Phe	Ser	Tyr	Cys	<b>U</b>
	Phe	Ser	Tyr	Cys	<b>C</b>
	Leu	Ser	STOP	STOP	<b>A</b>
	Leu	Ser	STOP	Trp	<b>G</b>
<b>C</b>	Leu	Pro	His	Arg	<b>U</b>
	Leu	Pro	His	Arg	<b>C</b>
	Leu	Pro	Gln	Arg	<b>A</b>
	Leu	Pro	Gln	Arg	<b>G</b>
<b>A</b>	Ile	Thr	Asn	Ser	<b>U</b>
	Ile	Thr	Asn	Ser	<b>C</b>
	Ile	Thr	Lys	Arg	<b>A</b>
	Met	Thr	Lys	Arg	<b>G</b>
<b>G</b>	Val	Ala	Asp	Gly	<b>U</b>
	Val	Ala	Asp	Gly	<b>C</b>
	Val	Ala	Glu	Gly	<b>A</b>
	Val	Ala	Glu	Gly	<b>G</b>

Some viruses (e.g. tobacco mosaic virus (TMV)) have RNA sequences that contain a "leaky" stop codon. In TMV 95% of the time the host ribosome will terminate the synthesis of the polypeptide at this codon but the rest of the time it continues past it.

The following sequences show part of a mRNA from TMV. Indicate the sequence(s) that may result in two polypeptides in the indicated frame with a tick (✓) and those that will not with a cross (✗). (1.8 points)

- 5' -AUG-UCU-UGU-CUU-UUC-ACC-CGG-GGG-UAG-UAU-UAC-CAU-GAU-GGU-UAA-3'
- 5' -AUG-ACC-CGG-GGG-UUU-CUU-UUC-UAG-UAU-GAU-CAU-GAA-GGU-UGU-UAA-3'
- 5' -AUG-CUU-UUC-UCU-UAU-UAG-CAU-GAU-GGU-UGU-ACC-CGG-GGG-CCC-UAA-3'
- 5' -AUG-CAU-GUU-CUU-UUC-UCU-UAU-UGU-GGU-UGU-ACC-CGG-GGG-UUC-UAA-3'
- 5' -AUG-CAU-GAU-GGU-UGU-ACC-CGG-GGG-UAG-CUU-UUC-UCU-UAU-UGC-UAA-3'
- 5' -AUG-UCU-UAU-UGG-CAU-GAU-GGU-UGU-CUU-UUC-ACC-CGG-GGG-AAA-UAA-3'

2. Mitochondria are mainly concerned with the following functions:

- a. thermogenesis
- b. apoptosis
- c. production of ATP
- d. fatty acid metabolism

Indicate the extensive presence of mitochondria with a tick (✓), intermediate presence (-) and absence of mitochondria with a cross (✗). Match the key function(s) of mitochondria (a to d) suited to the respective cells. (1.8 points)

3. Arrange the order of the DNA molecules from lowest to highest in terms of their melting temperature ( $T_m$ ). (0.9 points)

- a. 5' -AAGTTCTCTGAA-3'  
3' -TTCAAGAGACTT-5'
- b. 5' -AGTCGTCAATGCCG-3'  
3' -TCAGCAGTTACGCC-5'
- c. 5' -GGACCTCTCAGG-3'  
3' -CCTGGAGAGTCC-5'

4. There are various mechanisms by which a cell can commit suicide – a phenomenon known as “apoptosis”. One of the mechanisms is triggered by reactive oxygen species. The outer membrane of mitochondria normally expresses a protein Bcl-2 on its surface. Another protein Apaf-1 binds Bcl-2. Reactive oxygen species cause Bcl-2 to release Apaf-1 and a third protein Bax to penetrate the mitochondrial membrane, releasing cytochrome c. The released cytochrome c forms a complex with Apaf-1 and caspase 9. This complex sequentially activates many proteases that digest cellular proteins.

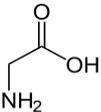
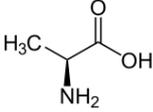
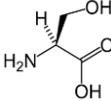
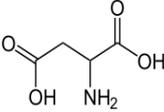
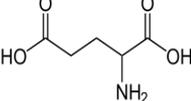
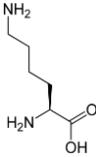
What will be the fate of a cell exposed to reactive oxygen species in the following conditions?

- I. The cell has expressed a mutant form of Apaf-1 that constitutively (always) bind Bcl-2.
- II. The cell does not express Bcl-2 at all.
- III. The cell overexpresses a form of Bcl-2 that is targeted to cell membrane only.
- IV. A chemical which extends the half life of Bcl-2 is added to the cell.

Match the following fates of the cell with the conditions (I to IV). (2 points)

- a. The cell resists apoptosis.
- b. The cell is forced towards apoptosis.
- c. The fate of the cell cannot be predicted.

5. The Table below shows the chemical structure,  $pK_1$ ,  $pK_2$  and  $pK_R$  of some amino acids.

Amino acid	Structural formula	$pK_1$ $\alpha$ -COOH	$pK_2$ $\alpha$ -NH <sub>2</sub>	$pK_R$ side chain
Glycine (Gly)		2.35	9.78	---
Alanine (Ala)		2.35	9.87	---
Serine (Ser)		2.19	9.21	---
Aspartic acid (Asp)		1.99	9.9	3.9
Glutamic acid (Glu)		2.1	9.47	4.07
Lysine (Lys)		2.16	9.06	10.54

5.1. Determine the predominant form (ionic or neutral) for heptapeptides, A to C, at pH 1, pH 7 and pH 12. Calculate their corresponding net charges (with an integer approximation). (3.6 points)

5.2. What is the best pH for the electrophoretic separation of these three peptides from each other?

Indicate the best pH with a tick (✓) and the other pH values with a cross (✗). (0.6 points)

6. Which of the following sequence(s) of cell-cycle phases is/are characteristic of eukaryotes [G: gap; S: synthesis; M: mitosis]? Indicate correct sequence(s) with a tick (✓) and incorrect ones with a cross (✗). (0.5 points)

- a. G<sub>1</sub> - S - G<sub>2</sub> - G<sub>0</sub> - M
- b. G<sub>0</sub> - G<sub>1</sub> - S - G<sub>2</sub> - M
- c. G<sub>1</sub> - G<sub>0</sub> - G<sub>2</sub> - S - M
- d. G<sub>1</sub> - G<sub>0</sub> - G<sub>1</sub> - G<sub>2</sub> - S - M
- e. G<sub>1</sub> - G<sub>0</sub> - G<sub>1</sub> - S - G<sub>2</sub> - M

7. About the G<sub>2</sub> phase

7.1. Which of the statement(s) describe(s) a cell in the G<sub>2</sub> phase? Indicate correct statement(s) with a tick (✓) and incorrect ones with a cross (✗). (0.4 points)

- a. The homologous chromosomes are lined up on the equator.
- b. The homologous chromosomes have been pulled to their respective poles by the spindle apparatus.
- c. The homologous chromosomes have not been replicated yet.
- d. The homologous chromosomes are now in the haploid or n condition.

7.2. How many chromatin threads are there in a human somatic cell in the G<sub>2</sub> phase? (0.5 points)

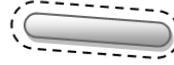
8. The morphology of three species of bacteria (A to C) are shown below:



A (coccus)



B (flagellated bacillus)



C (capsulated filament)

8.1. Bacteria in nature prefer to attach to surfaces and exist in a form known as “biofilms”.

During the attachment stage, before reaching the surface for attachment, bacteria will encounter a zone of repulsive force as they come very close to the surface. Which bacteria are likely to have an advantage to overcome this repulsive zone? Indicate the correct answer(s) with a tick (✓) and incorrect answer(s) with a cross (✗). (0.6 points)

- a. Bacterium A
- b. Bacterium B
- c. Bacterium C

8.2. After overcoming the repulsive zone and reaching the surface, the strength of attachment on the surface of the three bacteria is likely to be different. Arrange the correct order of attachment strength of the three bacteria in **the Answer Sheet**. (0.6 points)

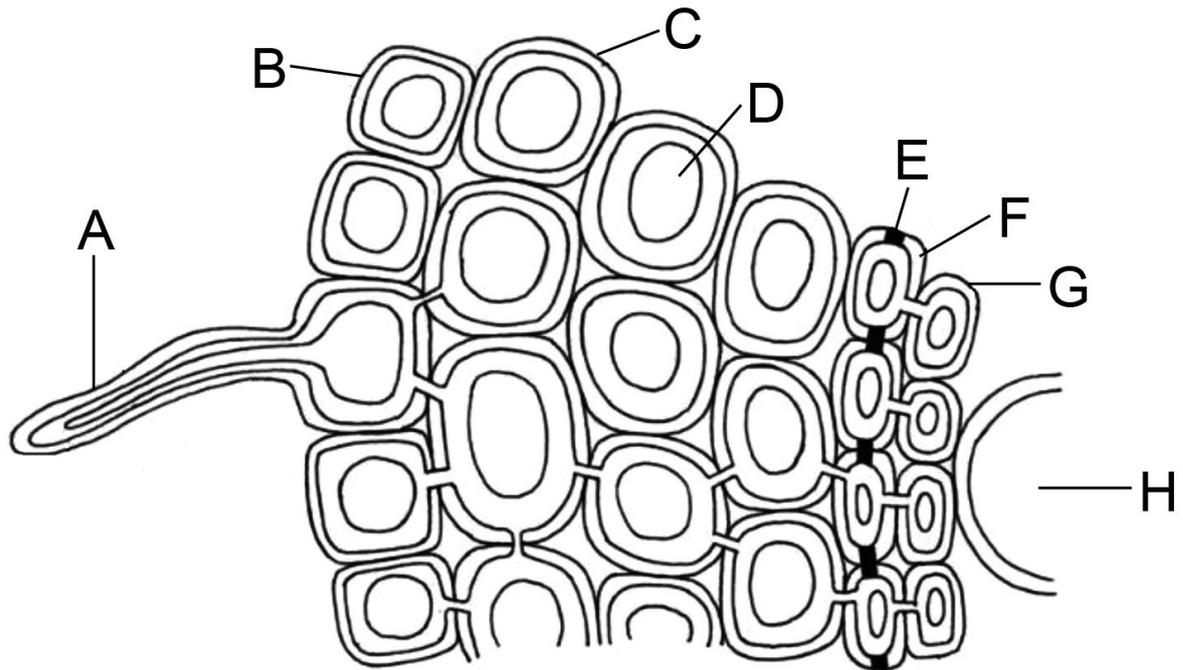
8.3. A stagnant pool of water was originally rich in organic content, but the nutrient concentration soon became diluted with rainwater. All three bacteria were affected and would attempt to survive the best way they could under this condition. Indicate true statement(s) with a tick (✓) and incorrect statement(s) with a cross (✗). (0.6 points)

- a. Bacterium A allows the fastest relative diffusion of nutrients into the interior of its cell.
- b. Bacterium B can extend its flagellum to reach nutrients above the water level.
- c. Bacterium C has a capsule which can actively absorb more nutrients.

9. A laboratory technician stained unknown bacterial cells with different dyes before observing them. The dyes (stains) used are known to target (i) lipopolysaccharide, (ii) nuclear envelope, (iii) DNA, (iv) cytoplasm and (v) ribosomes. Which dyes are likely to stain positive no matter what type of bacteria there may be in the sample? Indicate with a tick (✓) if they will be stained and with a cross (✗) if they will not be stained. (1 point)

**PLANT ANATOMY AND PHYSIOLOGY**

10. Study the transverse section of a root in the figure below.



10.1. Match the codes (1 – 18) given in the table below with the labeled parts (A to H) in the above figure. (1.6 points)

No.	Part	No.	Part
1	Hypodermis	10	Sclerenchyma cell
2	Epithelial cell	11	Casparian strip
3	Xylem parenchyma	12	Central vacuole
4	Epidermal cell	13	Phloem parenchyma
5	Xylem fiber	14	Pericycle
6	Root hair	15	Companion cell
7	Exodermal cells	16	Phloem fiber
8	Xylem vessel	17	Endodermal cell
9	Cortical parenchyma cell	18	Collenchyma cell

10.2. The following are three pathways of ion and water absorption:

- I. a symplastic pathway
- II. an apoplastic pathway
- III. a transmembrane pathway

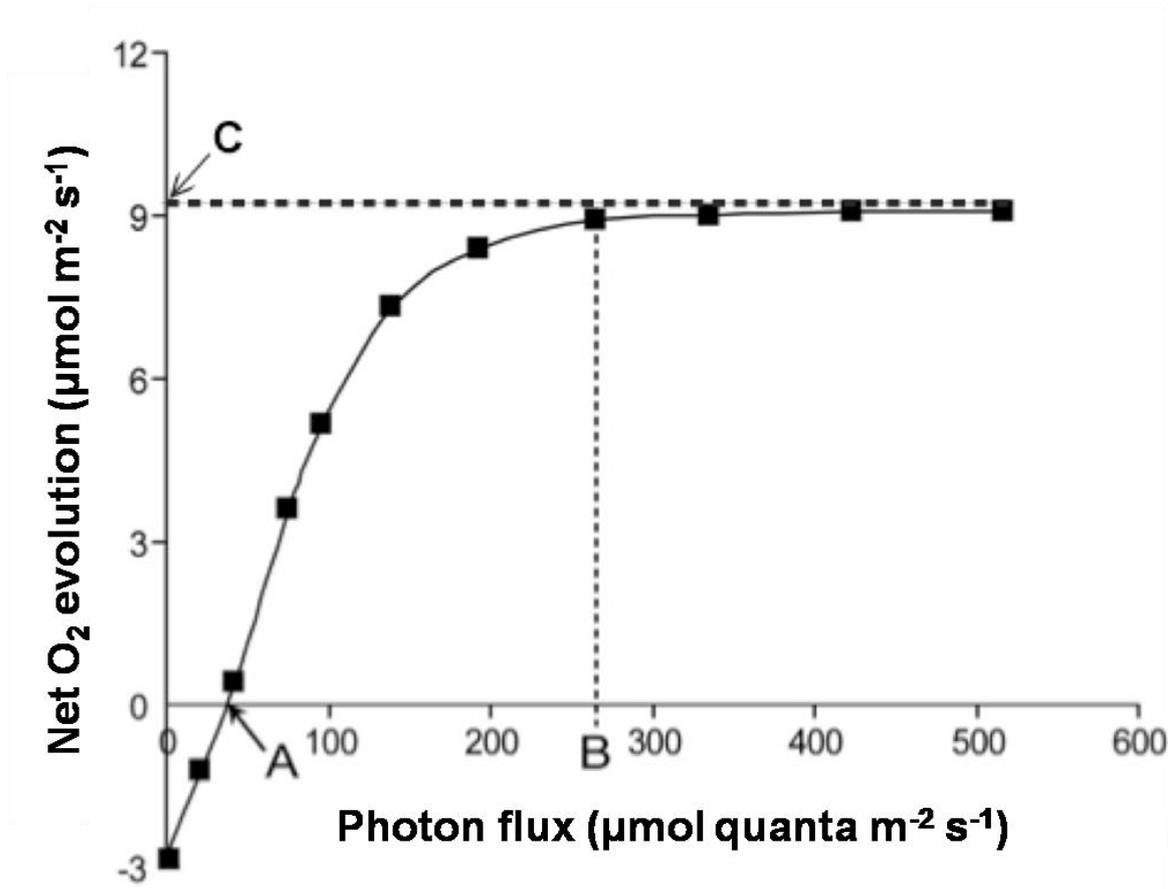
Draw continuous lines and label (with I, II and III) the three different pathways from the outside to H in the figure provided **in the Answer Sheet**. (3 points)

11. Match plant structures (1 – 10) with the corresponding function (A – J). (3 points)

Plant cell / Tissue structure		Function(s) / Feature(s)	
1	Thylakoid membranes	A	An intercellular communication network
2	Vascular cambium	B	Storage of water, digestive enzymes and other inorganic and organic substances
3	Central vacuole	C	Production of new plant tissues/organs
4	Plasmodesmata	D	Modified parenchyma cell without nucleus
5	Apical meristem	E	Small opening in the surface of an ovule, through which the pollen tube penetrates.
6	Periderm	F	Mechanical support
7	Sieve tube	G	Presence of electron transport proteins
8	Trichome	H	Production of secondary vascular tissues
9	Secondary cell wall	I	Secondary protective tissue
10	Micropyle	J	Protection and absorption

12. Study the graph below and determine which of the statements (a to h) are correct.

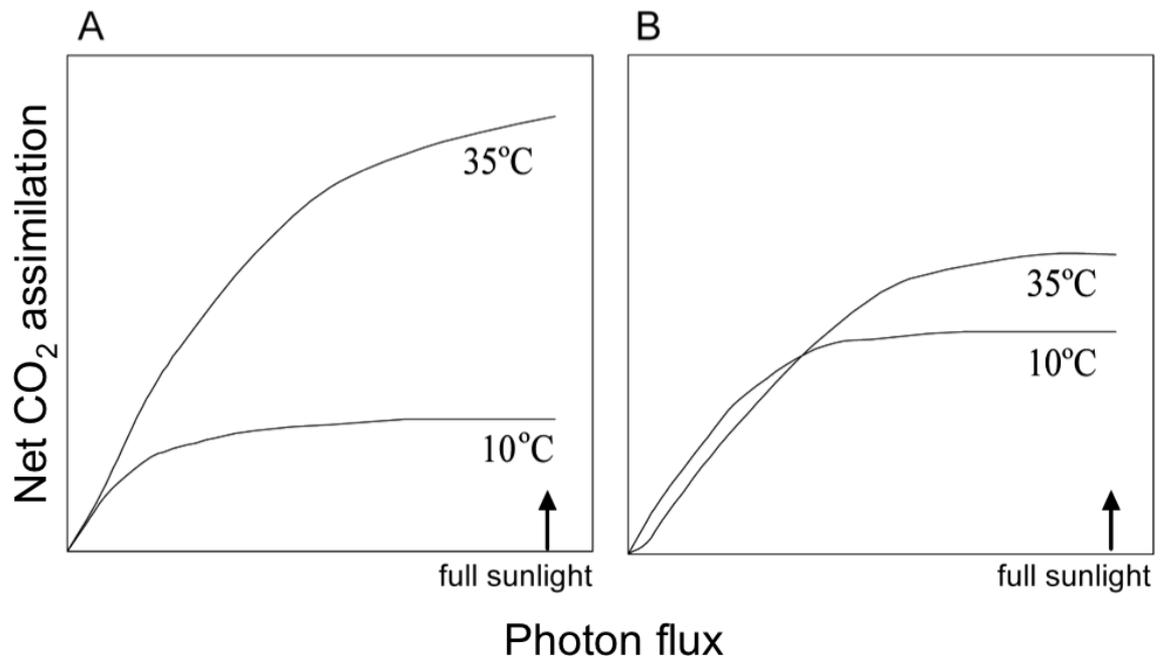
Indicate correct answer(s) with a tick (✓) and incorrect ones with a cross (✗). (1.4 points)



- a. It is a photosynthetic  $\text{O}_2$  response curve.
- b. Point A is light saturation point.
- c. Point B is light compensation point.
- d. C is the maximal photosynthetic rate.
- e. Plants stop growth when they grow under the irradiance greater than the value shown at point B.
- f. Respiration rate is greater than photosynthetic rate when plants are grown under the light below the value shown at point A.
- g. Plants grow (accumulate biomass) when their growth light environments are higher than the photon flux shown at point A.

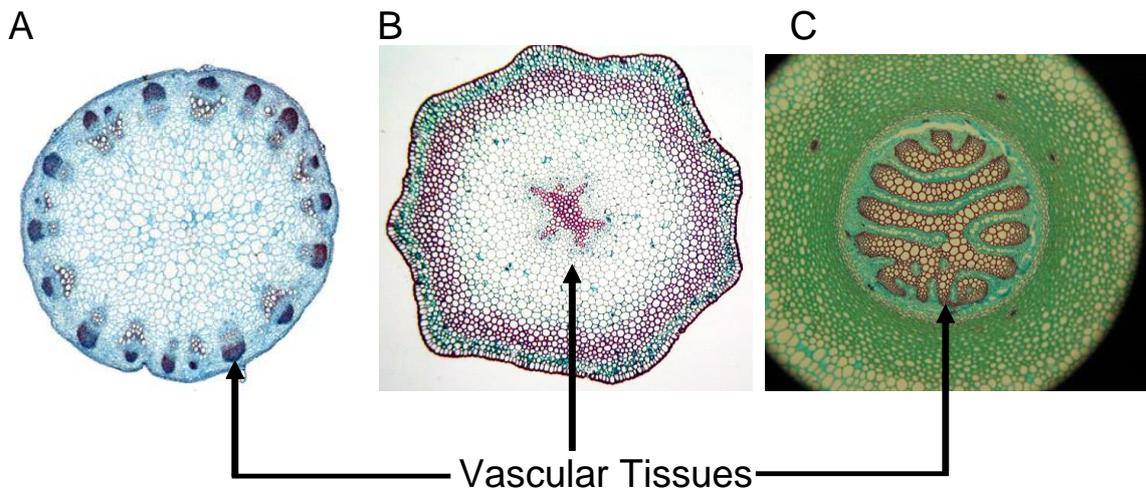
13. Study the light response curves for leaf photosynthesis of  $C_4$  and  $C_3$  plants shown below.

Indicate correct statement(s) with a tick (✓) and incorrect statement(s) with a cross (✗). (1.2 points)



- Figure A demonstrates the characteristics of  $C_4$  plants.
- $C_3$  plants have a competitive advantage over  $C_4$  plants at high temperature and under full sunlight because of a reduction in photorespiration.
- $C_3$  plants have a competitive advantage over  $C_4$  plants at low temperature and under low light because of the higher quantum yield.

14. Some statements about photosynthesis are given below. Indicate true statement(s) with a tick (✓) and false statement(s) with a cross (✗). (1.0 points)
- Photophosphorylation involves ATP formation during the light reaction of photosynthesis.
  - The essential initial role of light in initiating the light reaction of photosynthesis is to produce free oxygen.
  - In a plant cell, the ATP synthase complexes are only located in the thylakoid membrane.
  - Photosystem II is required for cyclic photophosphorylation.
  - It is currently believed that the specific enzymes necessary for the fixation of CO<sub>2</sub> into sugar are located in the chloroplast stroma.
15. Arrange the following plants A to C in evolutionary order starting with the most primitive specimen to the most modern. (1.5 points)



16. Match the description or effect (A – J) with their corresponding terms (1 – 10). (1.8 points)

Term		Description / effect	
1	Ethylene	A	Physiological reaction of organisms to the length of day or night
2	Photoperiodism	B	Inhibition of the growth of lateral buds
3	Apical dominance	C	Stem elongation in intact plants
4	Thigmotropism	D	Prolonged exposure to cold temperatures promotes flowering
5	Phyllotaxy	E	Leaf and fruit abscission
6	Cytokinin	F	Bending of growing stems toward light sources
7	Gibberellin	G	The arrangement of leaves on a stem
8	Statolith	H	The response of plants to touch
9	Vernalization	I	Delayed senescence
		J	Gravitropism

**ANIMAL ANATOMY AND PHYSIOLOGY**

17. Referring to the events (I to VIII) below, fill in the correct sequence of events during cardiac excitation-contraction coupling. (1.5 points) **[DELETED]**

I. ~~action potential triggers opening of  $\text{Ca}^{2+}$  channels in the endoplasmic reticulum~~

II. ~~release of intracellular  $\text{Ca}^{2+}$  store~~

III. ~~action potential triggers opening of L-type  $\text{Ca}^{2+}$  channels~~

IV.  ~~$\text{Ca}^{2+}$  influx from the extracellular space~~

V. ~~cytosolic  $\text{Ca}^{2+}$  binds to troponin~~

VI. ~~cytosolic  $\text{Ca}^{2+}$  binds to tropomyosin~~

VII. ~~crossbridge forms as myosin heads bind to actin~~

VIII. ~~crossbridge forms as actin heads bind to tropomyosin~~

18. Given below are data on the breathing rate, heart rate and body temperature of four different mammals, A to D.

Animals	Breathing rate (inhalations/min)	Heart rate (beats/min)	Body temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )
A	160	500	36.5
B	15	40	37.2
C	28	190	38.2
D	8	28	35.9

18.1. Rank Animals A to D in descending order for surface area per unit volume of the body.

(0.8 points)

18.2. Rank Animals A to D in descending order for total volume of blood in the body. (0.8

points)

19. Evaluate the following two statements regarding the respiratory processes of amphibians, reptiles, birds and mammals. Indicate true statement(s) with a tick (✓) and false statement(s) with a cross (✗). (1.6 point)
- I. Negative pressure used to force air into lungs
  - II. Lungs are completely ventilated during each breathing cycle
20. Gas exchange in animal taxa involves various respiratory organs (a – d), as well as, the circulatory system (open and closed). For each animal, indicate open circulatory system(s) with a tick (✓) and closed circulatory system(s) with a cross (✗). Match the appropriate organs (a – d) with the animals (adult). (2.6 points)
- a. lungs
  - b. gills
  - c. skin
  - d. trachea

21. Urine production is the result of continuous filtration of plasma through the kidneys. Indicate true statement(s) about the mammalian kidney with a tick (✓) and false statement(s) with a cross (✗). (2 points)

- a. The kidneys have a direct effect on blood pressure.
- b. The kidneys help regulate total blood volume in circulation.
- c. The loops of Henle remove water, ions and nutrients from the blood.
- d. Those able to excrete the most hyperosmotic urine, such as the kangaroo rats living in the desert, have relatively short loops of Henle.
- e. The kidneys partner the lungs in controlling the pH in plasma.
- f. The kidneys help maintain blood pH by excreting hydrogen ions and reabsorbing bicarbonate ions as needed.
- g. The kidneys dispose of volatile acids produced in metabolism.
- h. Ammonia (NH<sub>3</sub>) is produced in proximal tubule cells during acidosis.
- i. The glomerular filtration rate is affected by blood pressure.
- j. The kidneys produce ADH (antidiuretic hormone).

22. The amount of saliva secreted by a mammal is related to how much chewing is required on feeding. Match the following animals (a – e) to the quantity of saliva secreted as given in the table **in the Answer Sheet**. (0.8 points)

- a. wolf
- b. horse
- c. cattle
- d. human

23. Allergy is a hypersensitive human immune system reaction which is a result of repeated antigen exposure. In comparison, although pseudoallergy is identical to allergy in clinical terms, there is no immunological stage in its development.

The underlying pathological processes are listed below as observations:

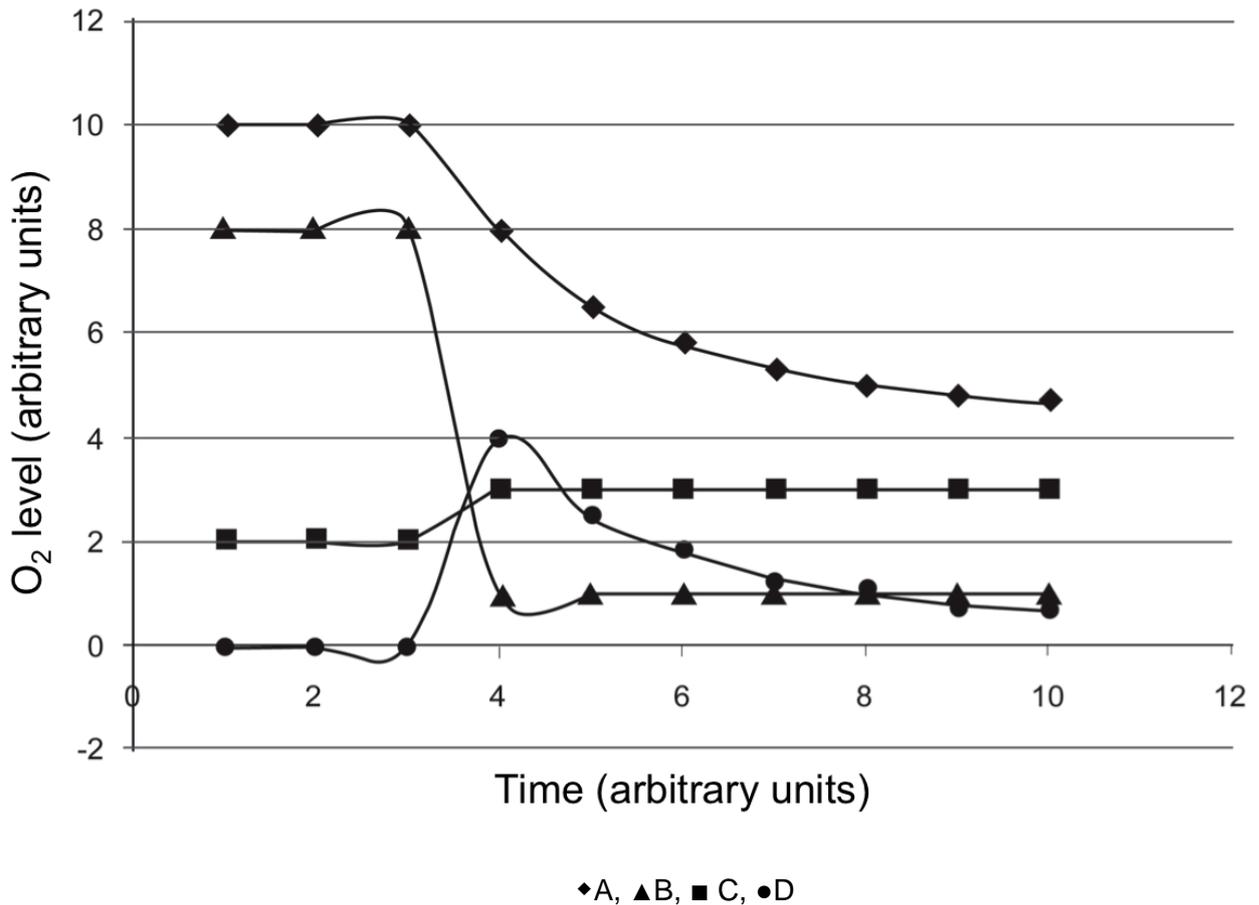
- a. General level of IgE class antibodies in the serum is raised.
- b. Specific IgE class antibodies in the serum is detected.
- c. Histamine – the main mediator of inflammation is released.
- d. A minimal amount of the antigen is needed to demonstrate the reaction.

Indicate for allergy, as well as pseudoallergy, the observation(s) that apply with a tick (✓) and the observation(s) that do not with a cross (✗) **in the Answer Sheet**. (0.8 points)

24. The age of animal fossils can be determined by measuring the content of carbon isotope  $^{14}\text{C}$  in the bones. How is  $^{14}\text{C}$  accumulated in the bones? Indicate correct statement(s) with a tick (✓) and incorrect statement(s) with a cross (✗). (0.6 points)

- a. through consumption and assimilation of organic compounds in the bones
- b. through converting  $\text{CO}_2$  into organic compounds in the bones
- c. through accumulation of residual  $\text{CO}_2$  during respiration deposited in the bones

25. European (freshwater) eel usually obtains oxygen by gills but can spend long periods of time out of water using dermal respiration. The graph below shows the level of blood saturation by oxygen and oxygen supply through different organs when the eel was removed from the water (in arbitrary units):



Match the following statements (I to IV) to the corresponding lines (A – D) shown above. (1.2 points)

- I. Total blood saturation by oxygen
- II. Oxygen supply through gills
- III. Oxygen supply through skin
- IV. Oxygen supply from air bladder

26. Anatomical characteristics of animals are adapted for their different modes of feeding (a – d).

- a. carnivores
- b. omnivores
- c. non-ruminant herbivores
- d. ruminant herbivores

26.1. Match the different modes of feeding (a – d) with the corresponding dental features (I – IV). (1.2 points)

- I. no upper incisors, have dental pad, molars allow only lateral movements
- II. canine teeth highly developed and used for tearing
- III. grinding teeth patterns on posterior teeth (molars)
- IV. incisors for nipping, molars slightly angled, jaws move circularly (vertical and lateral)

26.2. The gastrointestinal (GI) tract surface area to the body surface area ratio differs between herbivores, omnivores and carnivores. Match the different modes of feeding (a – d) with the corresponding GI tract surface/body surface area ratio as listed in the table **in the Answer Sheet**. (1.2 points)

27. Match the adaptations of the digestive systems (a – c) with the corresponding anatomical descriptions. (0.9 points).

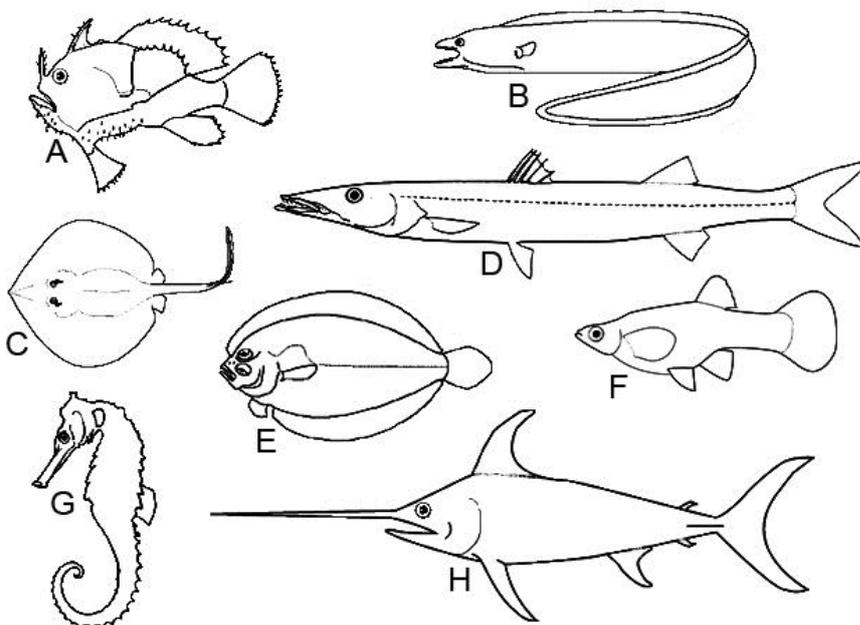
Anatomical descriptions:

- I. simple stomach, limited utilization of foliage-based diets
- II. simple stomach incapable of utilization of foliage-based diets
- III. highly developed sacculated stomach capable of extensive and effective utilization of foliage-based diets

Digestive adaptations:

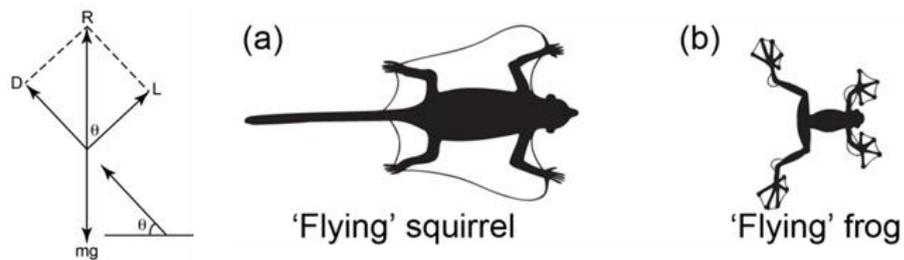
- a. extensive fermentation after primary sites of digestion and absorption
- b. extensive fermentation before primary sites of digestion and absorption
- c. unable to digest some of the substances in grains, fruits and vegetables

28. Fishes are specially adapted for aquatic life in different parts (e.g., surface, middle, bottom) of the water column and various special habitats (e.g., sea grass beds, rock crevices). Their swimming speeds are also partly dependent on their body morphology. Match the fishes (A – H, not drawn to scale) with their respective habitats and indicate the two fastest swimmers and the two slowest swimmers. (2.4 points)



29. In all classes of vertebrates, there are at least a few species that may occasionally take to the air (e.g., ‘flying’ fish, frog, lizard, and squirrel). They are not capable of true flight but make use of non-flapping locomotion such as gliding and parachuting to slow their descent.

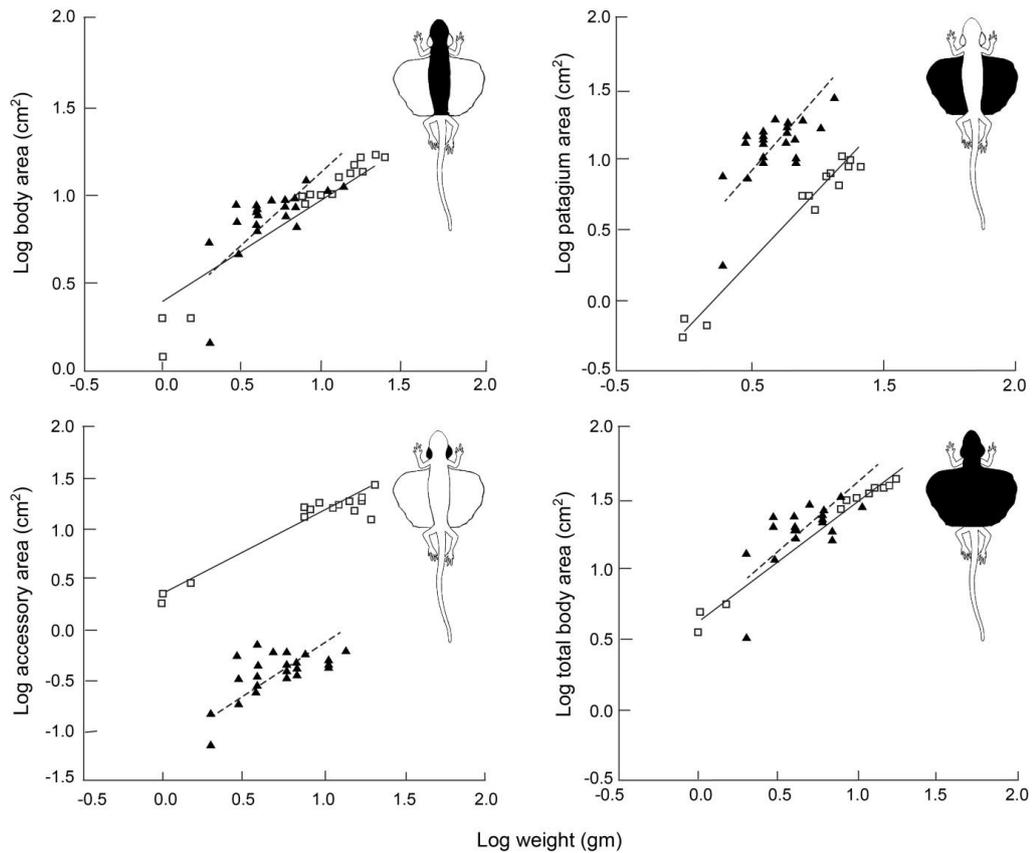
29.1. Animals that glide minimize drag (D) and use lift (L) to produce a more favourable lift-to-drag ratio (L/D ratio). In contrast, animals that parachute maximize D as they often have no significant surface area to produce enough L. When an animal has a steady glide, several forces act upon it (see figure below). Resistance (R) of the outstretched body against the airstream produces L. Drag (D) in the direction opposite to travel is also present, and weight (mg) acts as well. The descending path makes an angle ( $\theta$ ) with the ground.



Match the correct animal, (a or b), with the expected values of L/D and  $\theta$  in the table **in the Answer Sheet**. (1 point)

29.2. In ‘flying’ lizards, the patagium is a fold of skin connecting the forelimbs and hind limbs. Russell and Dijkstra (2001) compared the patagia and accessory aerodynamic surfaces between two species of lizards, *Draco volans* (‘flying’ dragon) and *Ptychozoon kuhli* (‘flying’ gecko).



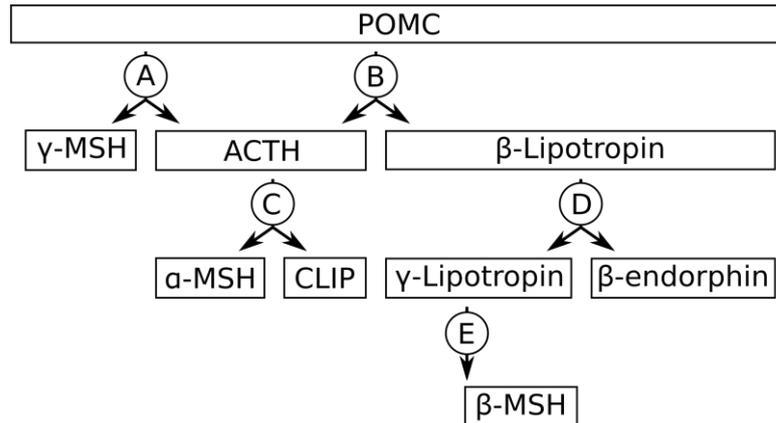


▲----- *Draco volans*; □—— *Ptychozoon kuhli*

Indicate correct conclusion(s) that can be drawn from the study about the morphological adaptations of the lizards for aerial locomotion with a tick (✓), and incorrect conclusion(s) with a cross (✗). (2 points)

- a. Although the mean weight of *D. volans* is smaller than that of *P. kuhli*, their body area per unit mass is very similar.
- b. Comparison of the patagial area to mass indicates that the patagia of *P. kuhli* are larger than those of *D. volans* of equivalent mass.
- c. The accessory structures contribute more significantly to total available aerodynamic area in *D. volans* than they do in *P. kuhli*.
- d. The total body area of the two taxa is very similar.
- e. The proportional area that is contributed by the patagium is much larger in *D. volans* than in *P. kuhli*, which compensates by the addition of extensive accessory flaps and folds.

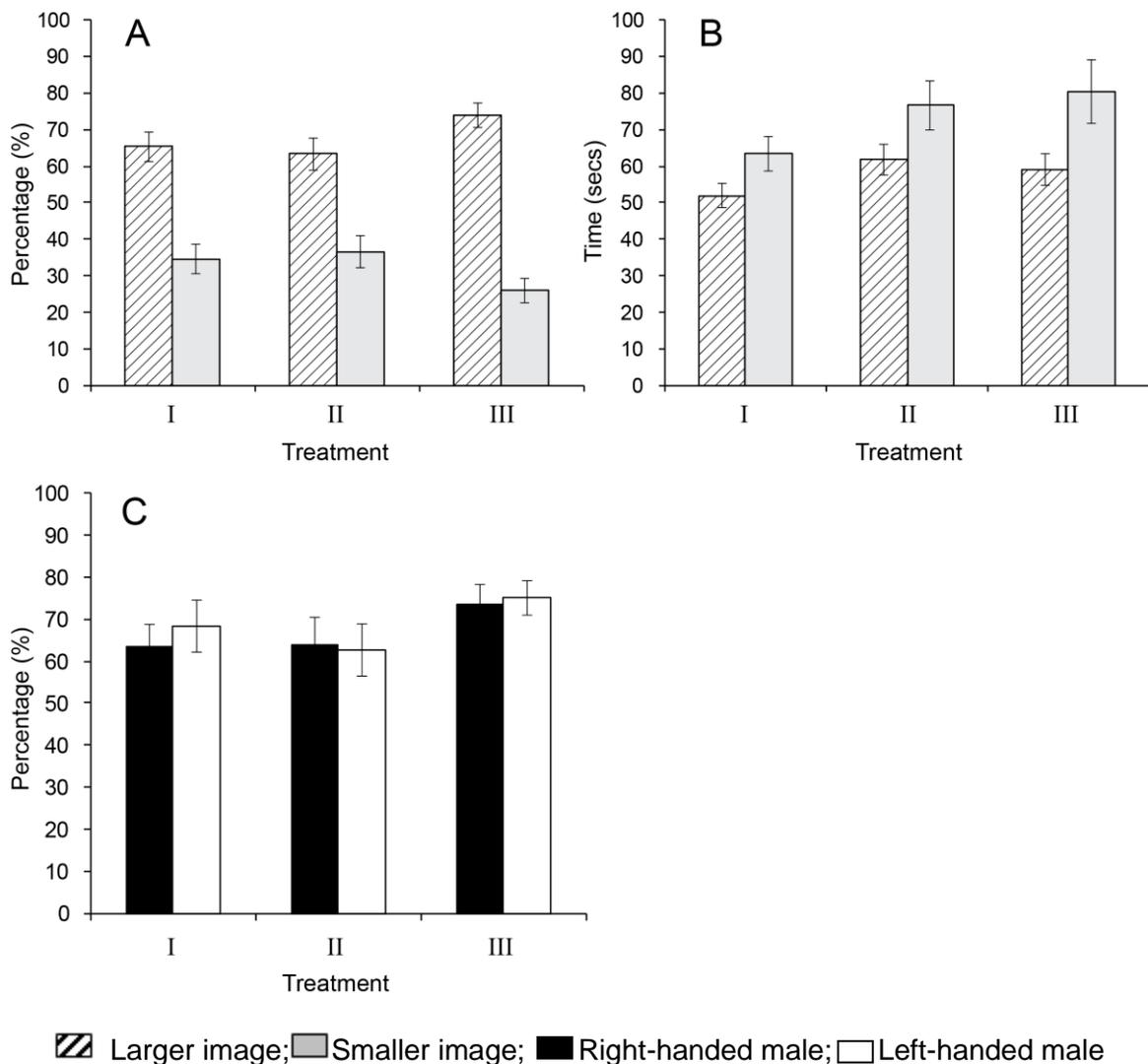
30. In the hypophysis, several regulatory peptides are built from the propeptide, Pro-opiomelanocortin (POMC). POMC is cleaved proteolytically (A – E) into various products. Every polypeptide below is represented with N- terminal on the left and C- terminal on the right. Note that each enzyme digests only “matured” precursor peptide.



- 30.1. Write down the minimum number of enzymes needed by a cell to produce  $\beta$ -MSH from POMC. (1 point)
- 30.2. Write down the minimum number of enzymes needed by a cell to produce  $\alpha$ -MSH from POMC. (1 point)

**ETHOLOGY**

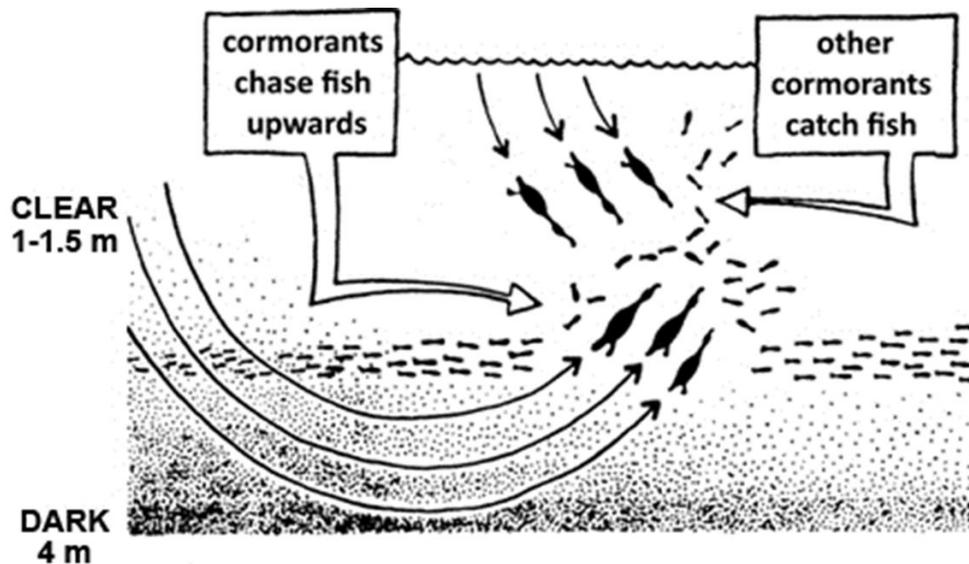
31. Male fiddler crabs use their enlarged claws chelipeds (major chelipeds) for signalling (e.g., fighting for burrows, waving at females, etc.). A student studied male-female interactions by using mirrors to reflect two different-sized images of the same waving male crab to females. Mirror combinations used in the experiment were: 10x : 3x (Treatment I), 3x : 1x (Treatment II) and 10x : 1x (Treatment III). Ten waving males were presented to 20 females in three trials for each treatment. She recorded the percentage of females (Graph A) and time taken by each female to approach each reflection (Graph B) for each treatment as well as whether the male was right or left-handed (Graph C).



Indicate correct conclusion(s) that can be drawn about the interactions between male and female crabs with a tick (✓), incorrect conclusion(s) with a cross (✗) and the statement(s) that cannot be concluded with a dash (–). (1.5 points)

- a. Female fiddler crabs generally prefer larger males.
- b. In mate-choice selection, male handedness is an important criterion.
- c. Males that wave faster generally attracted more females.
- d. The mean time taken for females to make a choice differed between Treatments II and III.
- e. An obvious difference in cheliped size of males may be necessary before females become more decisive.

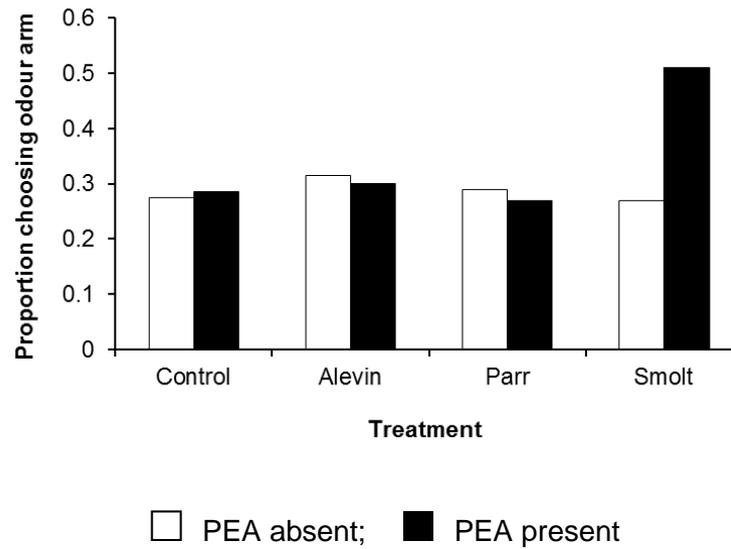
32. Cormorants (*Phalacrocorax carbo*) feed on fish. They dive in the water and chase fish by sight, so water clarity is important. Normally cormorants fish individually, but if the water is murky they may develop a cooperative hunting method in a group. (1.2 points).



Indicate the process(es) that play(s) a role in developing the collaborative hunting strategy of the cormorants with a tick (✓) and use a cross (✗) for inappropriate process(es).

- competition
- conditioning
- habituation
- social learning
- imprinting
- trial and error

33. The figure below from Dittman et al. (1999) shows the behavioural response of mature hatchery-reared Coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* to an artificial odorant,  $\beta$ -phenylethyl alcohol (PEA) placed in one arm of a two-arm arena. These salmon were exposed to PEA at different specific developmental stages: alevin (Stage I), parr (Stage II) and smolt (Stage III) in the hatchery before maturity and experimentation. Control fish had never been exposed to PEA.



Indicate correct conclusion(s) with a tick (✓), incorrect conclusion(s) with a cross (✗) and the statement(s) that cannot be concluded with a dash (-). (1.2 points)

- a. Salmon that had previous exposure to PEA had equal preference for both arms of the arena.
- b. Age of salmon is the most important criterion for navigation to natal stream.
- c. Chemical cues play a secondary role in salmon homing behaviour.
- d. There is a critical period for olfactory imprinting in the Coho salmon.

**GENETICS AND EVOLUTION**

34. Bateson and Punnett (1908) studied the flower colour and pollen grain shape in the sweet pea (*Lathyrus odoratus*, which is related to the garden pea, *Pisum sativum*, which Mendel studied). They crossed a true-breeding purple-flowered plant that had long pollen grains with a true-breeding red-flowered plant that had round pollen grains, and tabulated the following results for the F<sub>2</sub> progeny:

Phenotype	Observed
Purple flowers, long pollen grains	296
Purple flowers, round pollen grains	19
Red flowers, long pollen grains	27
Red flowers, round pollen grains	85
Total number of progenies	427

- 34.1. If the genetic traits are assorted independently, what phenotype ratio would you expect to see? Fill in the expected values for the respective phenotype and test for independent assortment by calculating the  $\chi^2$  value. (4 points)

df	$\chi^2$
1	3.841
2	5.991
3	7.815
4	9.488
5	11.070

Table:  $\chi^2$  values for  $\alpha$  ( $p$  value) = 0.05

- 34.2. Indicate the likely explanation with a tick (✓) and inappropriate explanations with a cross (✗) for the above observation. (0.8 points)

35. The DNA sequence of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) genome, which contains 28 pairs of autosomal chromosomes and a pair of sex chromosomes (XY), has been recently completed. DNA microinjection technique was used to successfully transfer a growth hormone transgene construct into the zygotic stage of salmon fish embryos. Subsequently, 4 transgenic individuals ( $F_0$  founders), 2 males and 2 females, were obtained. The growth hormone transgene is under the regulation of a liver-specific enhancer and all 4 transgenic founders have high plasma growth hormone levels leading to accelerated growth. It was confirmed that the transgene is inserted as a single copy within their genomes. Stable lines of transgenic salmon with accelerated growth will be established through crossing. For the establishment of the  $F_1$  generation, both the male and female transgenic founders ( $F_0$ ) are outcrossed to the respective gender of wild-type (non-transgenic) salmon

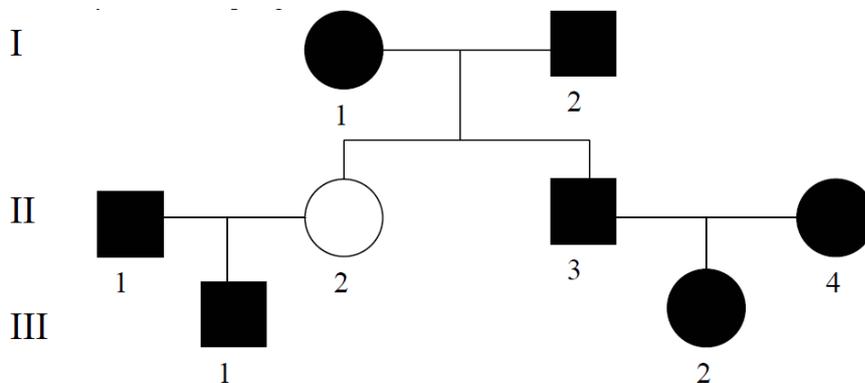
- 35.1. For the establishment of the F<sub>2</sub> generation you have been asked to carry out a sibling-pair cross in order to recover homozygous transgenic individuals carrying the growth hormone transgene. What would be the expected genotype ratio expressed as a %? (1.5 points)
- 35.2. When you check the ratio of males versus females of the F<sub>2</sub> generation you found that there are always more females (70%) than males (30%) regardless of whether the growth hormone transgene is present as null, heterozygous or homozygous within the individuals of the F<sub>2</sub> generation. Indicate the appropriate reason(s) with a tick (✓) and the inappropriate one(s) with a cross (✗) from the list below. (0.8 points)
- Epigenetic silencing in some male individuals has shut down the growth hormone transgene.
  - Integration of the growth hormone transgene is no longer stable.
  - Besides the XY sex chromosomes, environmental factors might have a secondary role in sex determination.
  - The growth hormone transgene has translocated onto the sex chromosomes leading to sex reversal of some males.

36. Chicken with short wings and legs are called “creepers”. When creepers are mated with normal birds they produce creepers and normal chickens with equal frequency. When creepers are mated with creepers they produce two creepers to one normal. Crossing between normal birds produce only normal progeny.

36.1. What is the simplest genetic basis for creepers and normal chicken? Indicate the correct answer(s) with a tick (✓) and incorrect answer(s) with a cross (✗). (0.6 points)

36.2. Indicate the correct phenotype of chickens carrying two creeper alleles with a tick (✓) and incorrect phenotypes with a cross (✗). (0.5 points)

37. The black hair of guinea pigs is produced by a dominant gene B and white by its recessive allele b. Assume that II1 and II4 do not carry the recessive allele.



37.1. What is the probability of II3 being heterozygous? (1 point)

37.2. What is the probability that one particular offspring of III1 x III2 will have white hair? (1 point)

38. Some allele combinations can result in a particular mental disorder in humans. The Table shows the enzyme activities of different genotypes (reported as percentage of the normal activity).

Allele 2	Allele 1							
	R231X	P292L	R407W	IVS-12	E290K	R158Q	R271Q	Y424C
R231X	<1							
P292L	<1	<1						
R407W	<1	<1	<1					
IVS-12	<1	<1	<1	<1				
E290K				~2	<3			
R158Q					~6.5	10		
R271Q					<b>X</b>	~20	30	
Y424C						<b>Y</b>	40	50

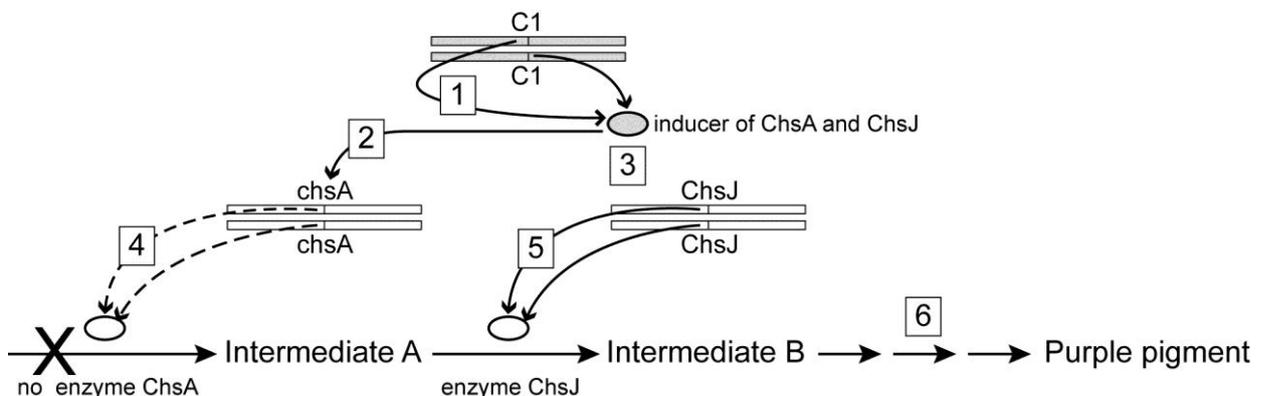
All individuals homozygous or heterozygous for any combination of the first 5 alleles listed above exhibit the classical symptoms of the disease. Individuals heterozygous between Y424C and any of the first four alleles however have mild symptoms. R158Q/R158Q homozygous show classical symptoms of the disease, while R271Q/R271Q homozygous and R271Q/Y424C heterozygous have mild symptoms.

38.1. What is the enzyme activity in individuals for genotype combinations marked by X (R271Q/E290K) and Y (Y424C/ R158Q)? (2 points)

38.2. What is the critical range defining those with classical symptoms from those with mild symptoms? (1 point)

39. In a particular crop plant, several genes govern the production of anthocyanin. In the absence of anthocyanin, the seedling leaves show only green chlorophyll pigmentation. In the presence of anthocyanin, the seedlings have a purple cast on top of the green coloration. A gene locus called *Colourless 1 (C1)* appears to function as a transacting inducer locus for at least two other loci (*ChsA* and *ChsJ*) that encode two enzymes in the pathway for anthocyanin synthesis (see figure below). The pathway for anthocyanin is blocked in homozygous recessive genotypes as shown for *chsA* in the figure. Assume the following conditions exist: (i) independent assortment applies to all three loci; and (ii) homozygosity for the recessive alleles at any of the three loci causes green seedlings.

Indicate the expected phenotypic progeny ratios for the two crosses listed in the table **in the Answer Sheet** with a tick (✓) and inappropriate ones with a cross (✗). (2.0 points)



40. The marsupial moles (order *Notoryctemorphia*) inhabit the sandy desert regions of South Australia, Western Australia and the Northern territory. They tunnel through the sand, filling in the tunnel behind them and giving the appearance of “swimming” through the sand. The eyes of the marsupial mole are completely covered by skin, measure about 1 mm in diameter and lack a lens or pupil. The optic nerve is greatly reduced. Indicate the correct statement(s) (a – c) with a tick (✓) and incorrect statement(s) with a cross (✗). (0.6 points)

- a. The lack of a lens is homologous to the lack of ommatidia in cave flies.
- b. The greatly reduced optic nerve is a vestigial (rudimentary) structure.
- c. The eyes of the marsupial mole are analogous to the eyes of kangaroos.

41. Interphotoreceptor retinoid binding protein (IRBP) is a single-copy gene, the product of which plays a role in the regeneration of rhodopsin in the visual cycle in mammals. This gene was sequenced in several marsupials and the resulting sequences were aligned for comparison. A portion of the sequence of the coding strand of IRBP is shown below. Note that this is not the beginning of the gene and that the correct reading frame has been indicated.

	5'	451	Reading frame	500	3'
			-----		
Echymipera		TATGCTATTGCATGTCGACACAGTAT-ATGATCGACCATCAAACACTACT			
Dromiciops		TGTCCTGCTGCACGTAGACACAGTTT-ATGACCGCCATCAAACACCACC			
Vombatus		TAATCTGCTGCATGTAGACACAGTTT-ATGACCGCCATCAAACACCACC			
Notoryctes		TATCCTGCTACATGTAGACACCGTTTTATGACCGCCATCAAACACCACC			

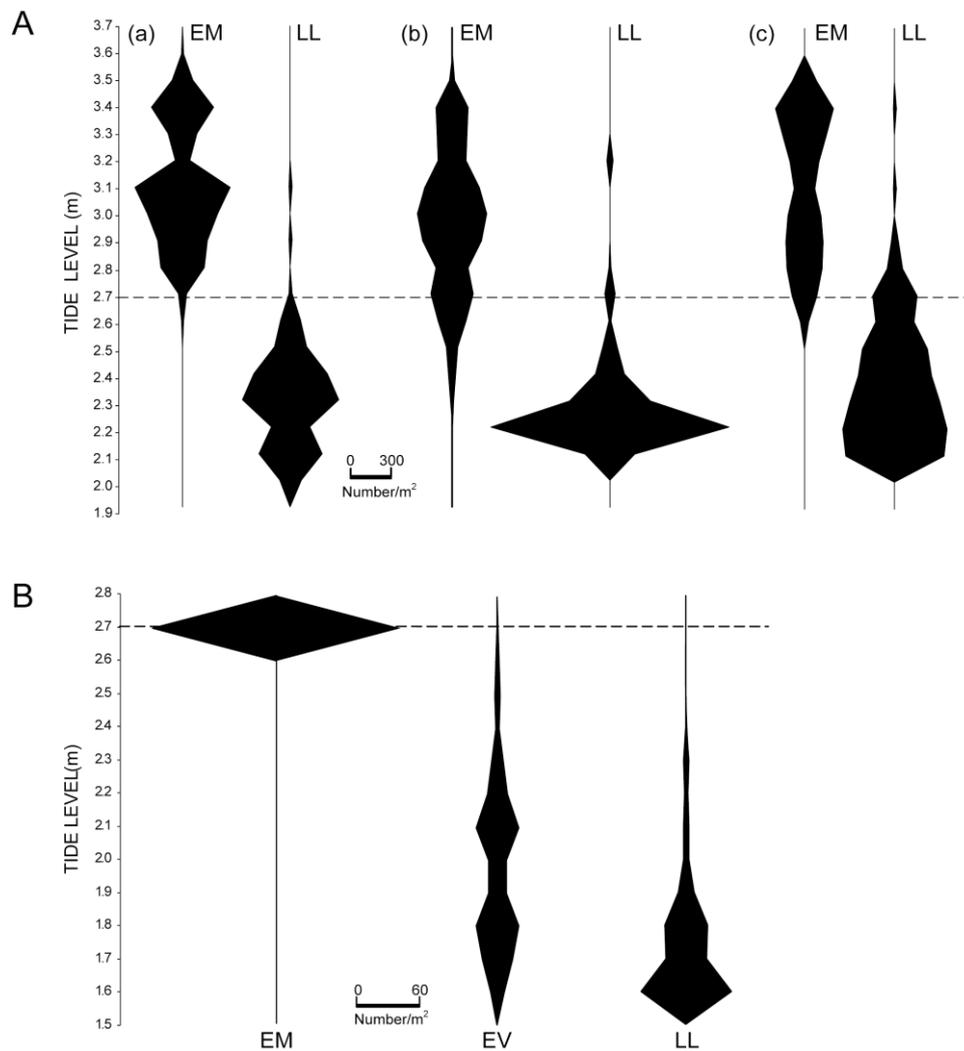
- 41.1. Starting with the codon involving the frameshift mutation, write down three consecutive amino acids coded for by this gene for *Vombatus* and *Notoryctes*. Use the genetic code table provided in **Question 1**. (1.8 points)
- 41.2. Indicate true statement(s) with a tick (✓), false statement(s) with a cross (✗) and inconclusive statement(s) that cannot be concluded with a dash (-). (0.9 point)

Compared with that of *Vombatus*, the protein product of the IRBP gene in *Notoryctes* will:

- contain multiple amino acid substitutions.
- not begin to be translated as it lacks a START codon.
- be truncated as it contains a STOP codon at an earlier point.

**ECOLOGY**

42. The zonation patterns of littorinid snails on the rocky shores in Singapore were studied at a vertical cliff and a sloping rock. Two taxa of littorinids were found on the vertical cliff (see A) and an additional third species was found on the sloping rock (see B). The snail distribution was recorded in July, September and December 2002 when the mean temperatures of the rock surfaces were 42 °C, 34 °C and 27 °C respectively.



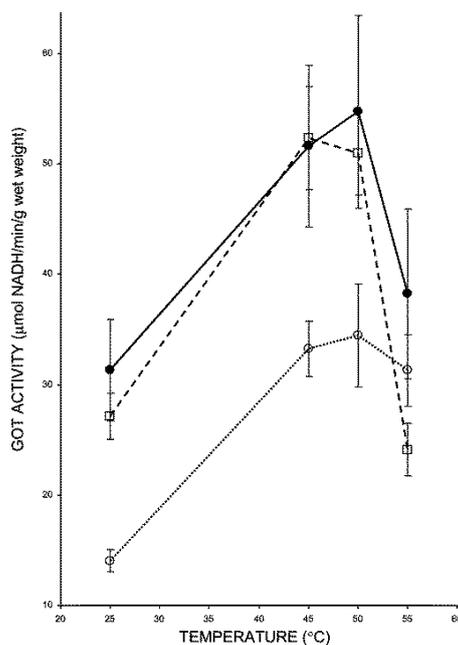
Kite diagram showing the distributions of littorinid species on (A) a vertical cliff: (a) July, (b) September, (c) December 2002; (B) a sloping rock.

EM: *Echinolittorina malaccana*; EV: *E. vidua*; LL: *Littoraria* sp.; - - - Mean High Water Spring (MHWS) tide level.

42.1. Indicate correct conclusion(s) about the distribution patterns of the littorinids with a tick (✓), incorrect conclusion(s) with a cross (✗) and inconclusive statement(s) that cannot be concluded with a dash (–). (2 points)

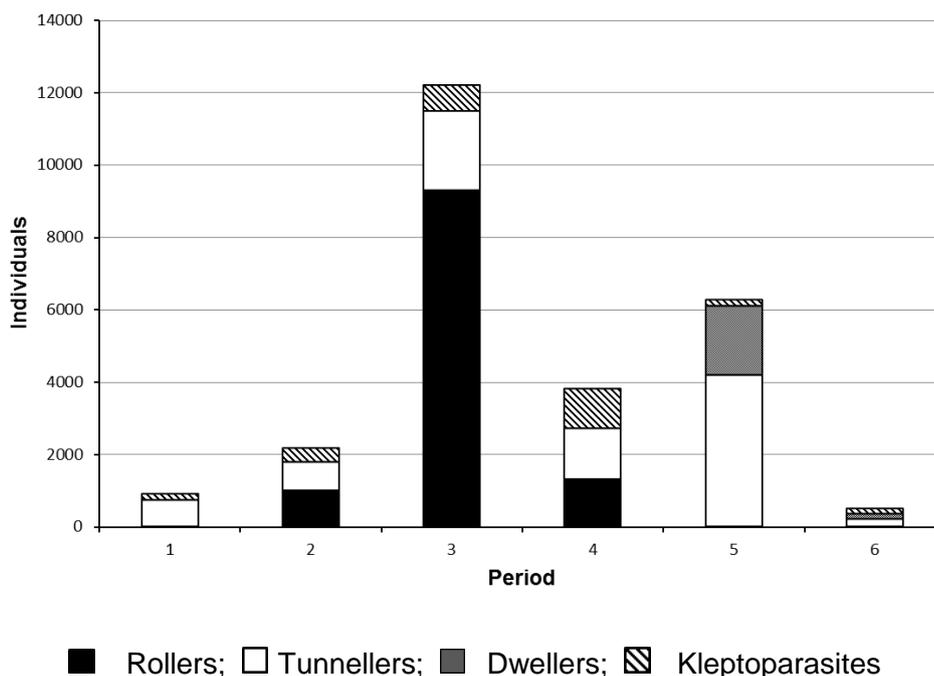
- a. Sampling period has no influence on distribution pattern of the two littorinid taxa at the vertical cliff.
- b. *Echinolittorina vidua* and *Littoraria* sp. have similar zones of distribution.
- c. The upper limits of the *Echinolittorina malaccana* zone at the vertical cliff were constant regardless of sampling period.
- d. The preferred zone of occupation of *Echinolittorina malaccana* is smaller than that of *Littoraria* sp. at the sloping rock.
- e. *Echinolittorina vidua* is less heat-tolerant than its sympatric species, *E. malaccana*.

42.2. Snails were collected from the field and extracts of six tissue samples of each of the three littorinid taxa were incubated separately at different temperatures. Glutamate oxaloacetate transaminase (GOT) activity was determined and the results of the enzyme assays are presented in the graph below. Indicate the correct taxon (EM, EV or LL) that corresponds to the graph shown in the table **in the Answer Sheet**. (1 point)



43. The ecology of a group of dung beetles was studied in West Africa by Krell-Westerwalbesloh et al. (2004). The beetle community was divided into four categories: (i) rollers, (ii) tunnellers, (iii) dwellers, and (iv) obligatory kleptoparasites. The rollers rapidly form balls from the faeces (in < 1 hour), roll them away from the food source, and deposit them in or on the soil to ensure exclusive use of the dung. The tunnellers make nests directly under the food source and transport dung into the nest where they form dung balls ( $\approx$  a few hours). Dwellers feed and reproduce directly in the dung pat. Kleptoparasites use faeces portions monopolised by other groups, e.g., by penetrating dung balls made by the rollers or the dung mass in the subterranean nests of the tunnellers. The abundance (see Table) and flight activity (see Figure) of these beetles (pooled data of 15 samples) at six different periods of the day were recorded.

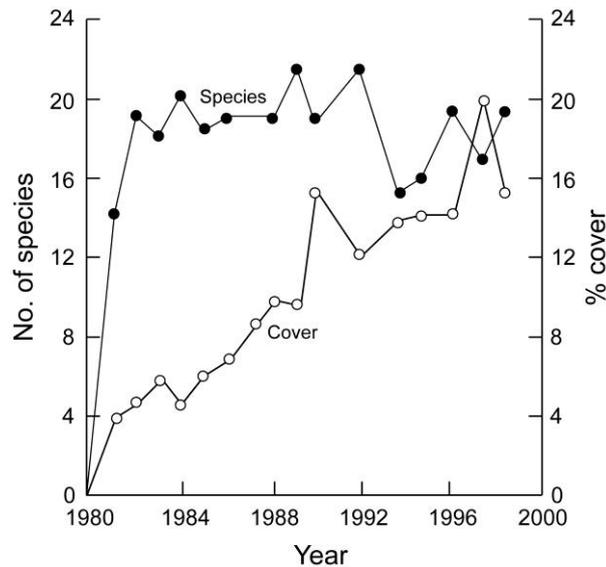
Period	1		2		3		4		5		6	
	0200-0600 h		0600-1000 h		1000-1400 h		1400-1800 h		1800-2200 h		2200-0200 h	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Dwellers	51	6.46	31	1.45	4	0.03	78	2.09	1795	27.91	172	48.45
Obligatory kleptoparasites	51	6.46	536	25.01	1351	10.87	1230	33.00	253	3.93	24	6.76
Rollers	34	4.30	997	46.52	8559	68.87	1243	33.35	22	0.34	45	12.68
Tunnellers	654	82.78	579	27.02	2514	20.23	1176	31.55	4362	67.82	114	32.11



Indicate correct conclusion(s) that can be drawn from the study with a tick (✓), incorrect conclusion(s) with a cross (✗) and inconclusive statement(s) that cannot be concluded with a dash (–). (1.8 points)

- a. There is intense competition in the dung beetle community.
- b. Rollers dominate the community of dung beetles.
- c. The four groups of dung beetles cannot co-exist as they all exploit the same resource in similar ways.
- d. One or more of the groups will eventually be out-competed and eliminated in the community.
- e. The results of this study support the principle of competitive exclusion and provide evidence for resource partitioning.
- f. The 'realized niche' of each group is similar to their respective 'fundamental niche'.

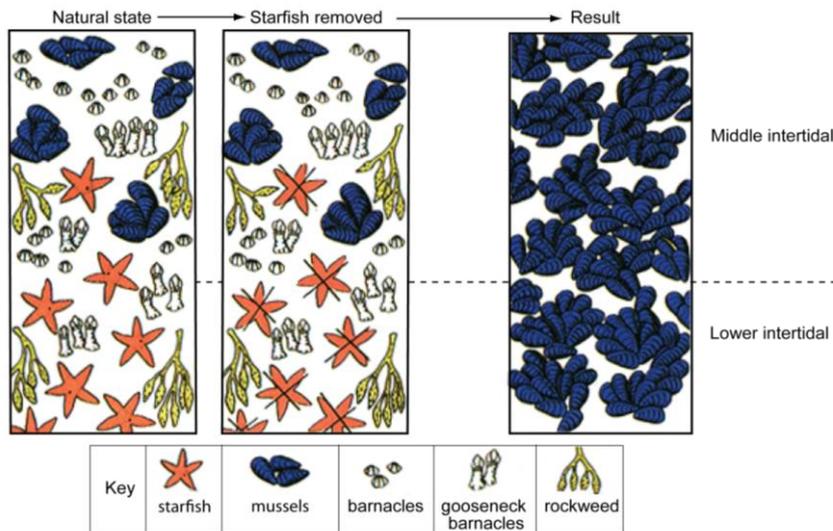
44. Mount St Helens in southwest Washington state (USA) erupted catastrophically on May 18, 1980. The eruption produced a landscape with low nutrient availability, intense drought and frequent surface movements. Permanent plots were established at several sites above the treeline around the crater to monitor recovery after the eruption. The figure below shows the number of species and percentage cover at one of the sites from 1981 to 1998.



Indicate the correct conclusion(s) that can be drawn from the figure above with a tick (✓) and incorrect conclusion(s) with a cross (✗). (1.2 points)

- a. The eruption killed all of the vegetation above the treeline.
- b. Secondary succession occurred rapidly after the eruption.
- c. Neither space nor light are limiting resources for plants in this environment.
- d. Only a few additional species invaded after 1982.
- e. Total plant cover in this area has increased relatively slowly due to harsh conditions on the volcanic deposits.
- f. A stable plant community of 20 species has been reached at the study site indicating the climax stage in the succession process.

45. The schematic figure below shows a simulation of a marine community done with the objective to study the relationships between its populations.

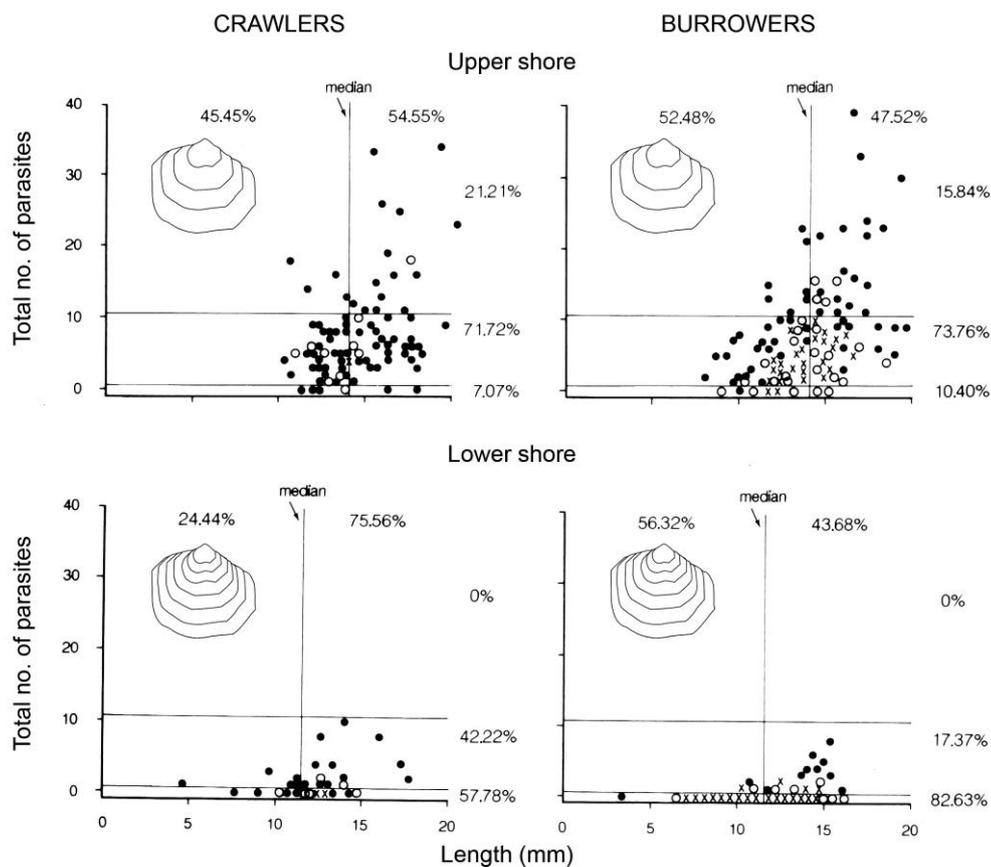


Starfish – Asteroidea; Mussels – Lamellibranchia; Barnacles – Cirripedia;  
 Gooseneck barnacles – Cirripedia; Rockweed – Phaeophyta.

Based on the above figure, indicate correct statement(s) with a tick (✓) and incorrect statement(s) with a cross (✗). (1.8 points)

- a. The community, in its natural state, includes four species of the Kingdom Animalia.
- b. All the animals of this community have three germ layers and are deuterostomates.
- c. Phyla of animals represented here are Echinodermata, Mollusca and Arthropoda.
- d. In their natural environment, starfish is a keystone species
- e. In their natural environment, mussel density is larger in the middle intertidal zone than in the lower intertidal zone because starfish live in the lower intertidal zone.
- f. At the end of the study, the community collapses and only one population increases its ecological niche.
- g. The competitive exclusion of the other populations by the mussels was demonstrated.
- h. Mussels occupy the fundamental niche including both the middle intertidal zone and lower intertidal zone.
- i. Natural conditions include biotic interactions like inter-specific competition and predation.

46. Growth rate of most intertidal organisms generally declines in an upshore direction. Lim and Green (1991) studied a population of the Baltic clam, *Macoma balthica* (a common bivalve), from two levels of the shore at Hudson Bay, Canada. Annual shell growth rings are distinct in the two sub-populations (see figure below) and the clams from the two zones do not differ genetically. The Baltic clam normally buries itself and is generally hidden from predators. It is the intermediate host to trematodes; the daughter sporocysts of the parasites are found mainly in the gonads of the clam, causing partial or total disappearance of the gonads. Shorebirds, the definitive host of these trematodes, are present in large numbers at the upper shore during ebb tide. The clams in Hudson Bay have been observed to make conspicuous tracks on the sand flats at ebb tide. The number of metacercariae (the next stage in the parasite's life cycle) encysted on the inner shell surface of crawling and burrowing clams from the two shore regions were counted.



Symbols represent number of clams: ○, 1; ●, 2; ×, ≥ 3. The vertical line divides clams that were smaller and larger than their median length at their respective tidal level.

Indicate valid conclusion(s) about the behaviour and biology of the Baltic clam with a tick (✓) and invalid conclusion(s) with a cross (✗). (2.8 points)

- a. The growth rate of *Macoma balthica* in Hudson Bay conforms to the general rule observed for most intertidal organisms that lower intertidal organisms grow faster than those at the upper shore.
- b. A relatively higher proportion of clams was parasitized higher up the shore.
- c. Crawling behaviour of the clams could enhance the completion of the parasite's life cycle.
- d. Clams that are buried in the sand generally have more metacercaria cysts regardless of shore level.
- e. Increased exposure of the clams at the upper shore to shorebirds, the final host of the trematodes, could probably account for the difference in parasite load between the two sub-populations.
- f. High parasite load promotes increased somatic growth as reproductive output is reduced due to host castration by the trematodes.
- g. Environmental factors probably played a greater role in determining clam growth rate of the sub-populations than heredity.

**BIOSYSTEMATICS**

47. Match the following characteristic features with the correct organisms. (1.2 points)

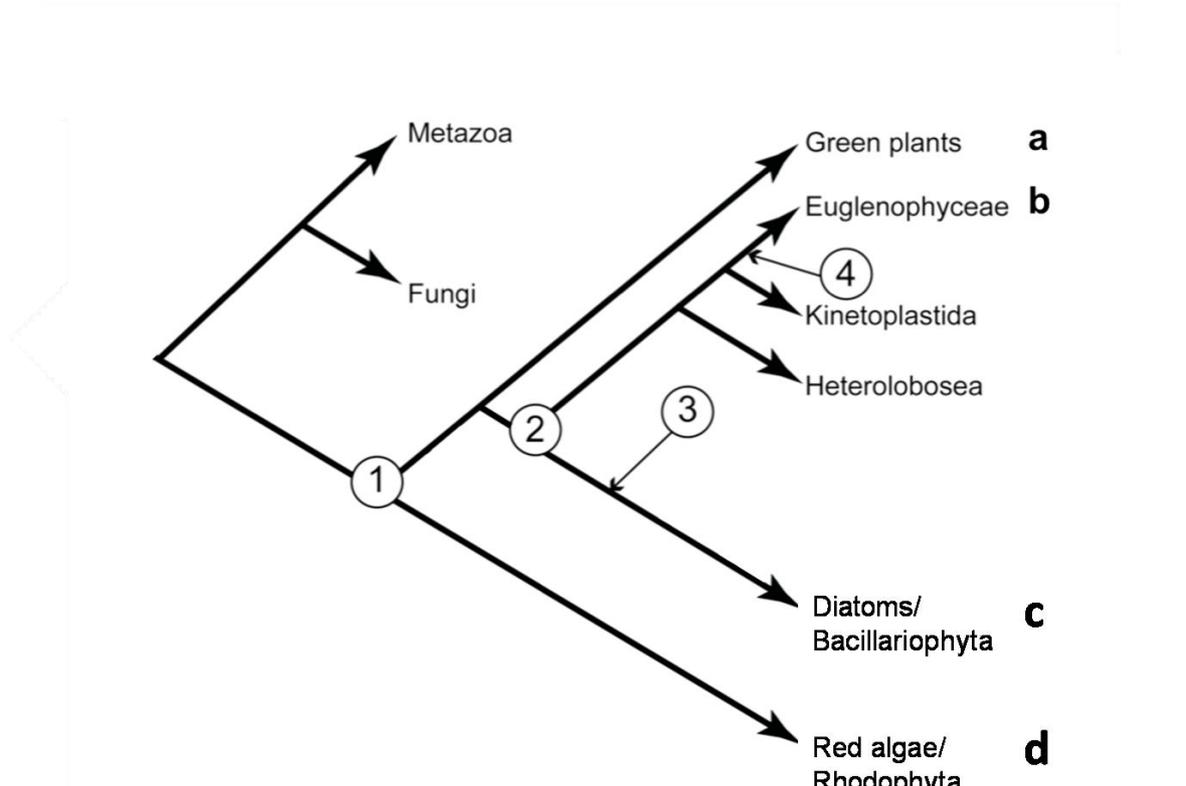
Features:

- I. book lung, claws formerly made of three parts, but now reduced to only two, gizzard
- II. reduced ribs, undergoes a metamorphosis during ontogenesis
- III. hind extremities covered with scales, respiration organ using ventilating air bags, movable upper jaw (maxilla) and lower jaw (mandibula)
- IV. thin, tube-like excretion organs ending between mid- and hind-gut, body made of three parts (tagmata), a pair of antennae
- V. specialized epithelic muscle cells, nettle cells, radial symmetric body
- VI. uses ampullae of Lorenzini to sense electric fields and temperature differences, cartilage skeleton, spiraculum

Organisms:

- a. white shark (*Carcharodon carcharias*)
- b. house fly (*Musca domestica*)
- c. bird, common redstart (*Phoenicurus phoenicurus*)
- d. brain corals (Faviidae)
- e. european garden spider (*Araneus diadematus*)
- f. common frog (*Rana temporaria*)

48. One of the known hypothesis of the origin and evolution of plastids is shown in the Figure below.



The processes that facilitated evolution are represented by the numbers (1 to 4) in the diagram above: (1) for primary endosymbiosis, (2) for loss of primary plastids, (3) and (4) for secondary endosymbiosis. These processes resulted in the presence or absence of certain plastids in various taxa.

Match the taxa (a – d) with the corresponding type of plastids in the Answer Sheet. (1.2 points)

49. Cladistic systematic researchers apply comparisons among groups in order to differentiate derivative characters and shared primitive characters. In doing this, they use an external group, closely related with the one they are studying.

Condition: The external group is less related to any member of the studied group than the members of the last one are between themselves.

Supposition: The primitive characters that precede the divergence of both groups are homologies.

Taking into account these theoretical concepts, some researchers studied a group and the information they obtained is presented in the following table.

Characters	Animals represented by double digit codes					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
a. Hair	0	0	0	0	1	0
b. Amniotic egg with extra embryonic membranes	0	1	0	0	1	0
c. Four legs for locomotion	0	1	0	0	1	1
d. Jointed jaws	0	1	1	0	1	1
e. Vertebral spine	0	1	1	1	1	1
f. Notocord	1	1	1	1	1	1

Note: 0: absence of character; 1: presence of character

49.1. After analyzing the information above, identify the external group. (0.2 points)

49.2. Identify the characters (a – f) that are shared between the external and internal groups. (0.2 points)

49.3. Identify the primitive character present in all members of the internal group alone.

(0.2 points)

49.4. Identify the last point of divergence of the cladogram given **in the Answer Sheet**

using the most appropriate character. (0.2 points)

49.5. Fill in the cladogram which best represents the relationships between A1 to A6

using the information analyzed **in the Answer Sheet**. (1.8 points)

**END OF PAPER**