

Student Code: _____



The 21st INTERNATIONAL BIOLOGY OLYMPIAD
Changwon, KOREA 11th – 18th July, 2010

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТЕСТ: ЧАСТЬ В

Предоставляемое время: 150 минут

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

1. Откройте конверт после звонка, обозначающего начало теста.
2. В конверте находятся тексты вопросов и лист ответов.
3. Впишите ваш четырехзначный код студента в каждую клетку для кода студента.
4. Вопросы в части В могут иметь больше чем один правильный ответ. Ответ на каждый вопрос представьте в **Листе Ответов** знаком (✓), цифрами или обозначениями.
5. Используйте карандаши и ластики. Можно пользоваться предоставленными линейкой и калькулятором.
6. Некоторые вопросы могут быть зачеркнуты. **НЕ ОТВЕЧАЙТЕ** на эти вопросы.
7. Прекратите работу и отложите карандаш **немедленно** после того как прозвонит заключительный звонок.
8. В конце практической работы вы должны оставить все ваши бумаги на вашем столе. Из лаборатории ничего нельзя выносить.

Country: _____

Student Code: _____

The 21st INTERNATIONAL BIOLOGY OLYMPIAD



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТЕСТ: ЧАСТЬ В

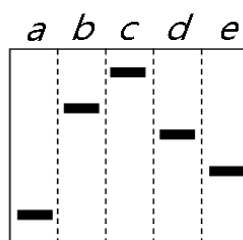
Предоставляемое время: 150 минут

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

1. Впишите ваш четырехзначный код студента в каждую клетку для кода студента.
2. Вопросы в части В могут иметь больше чем один правильный ответ. Ответ на каждый вопрос представьте в **Листе Ответов** знаком ($\checkmark$), цифрами или обозначениями.
3. Используйте карандаши и ластик. Можно пользоваться предоставленными линейкой и калькулятором.
4. Некоторые вопросы могут быть зачеркнуты. **НЕ ОТВЕЧАЙТЕ** на эти вопросы.
5. Максимальное число баллов в Части В составляет 107,1
6. Прекратите работу и отложите карандаш **немедленно** после того как прозвонит заключительный звонок.
7. В конце практической работы вы должны оставить все ваши бумаги на вашем столе. Из лаборатории ничего нельзя выносить.

БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ

В1. (2,7 балла) На рисунке ниже представлен Вестерн-блот, показывающий пробег пяти сигнальных молекул (*a~e*), принимающих участие в регулируемом гормоном роста пути передачи клеточного сигнала.



Для определения последовательности действия молекул (*a~e*) в передаче сигнала, который запускается при воздействии гормона роста, клетки были обработаны различными ингибиторами (I~IV) передачи клеточных сигналов. Следующие блоты показывают изменения в характере экспрессии сигнальных молекул, вызванные обработкой ингибиторами.



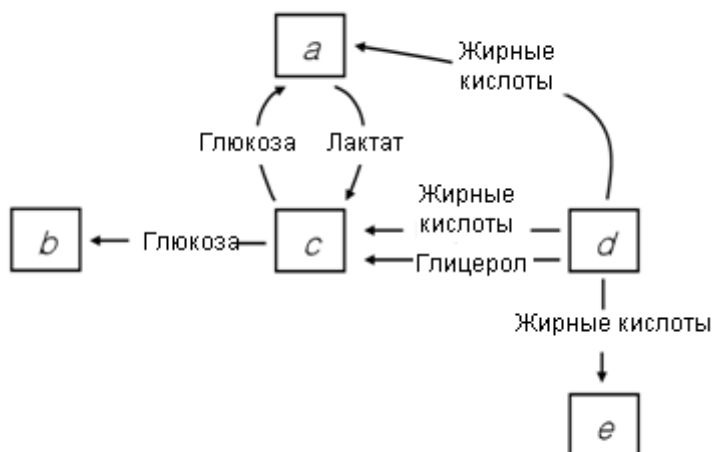
В1.1 (1,5 балла) Заполните квадратики в Листе ответов, указав последовательность белков (*a~e*) в сигнальном каскаде.

B1.2. (1,2 балла) Укажите в кружках в листе ответов место действия каждого ингибитора (I~IV).

B2. (2,7 балла) Сопоставьте молекулярные компоненты (*a~f*) справа с клеточными структурами, которые поддерживают клеточную морфологию (A-D) слева. Каждая клеточная структура может иметь больше одного молекулярного компонента.

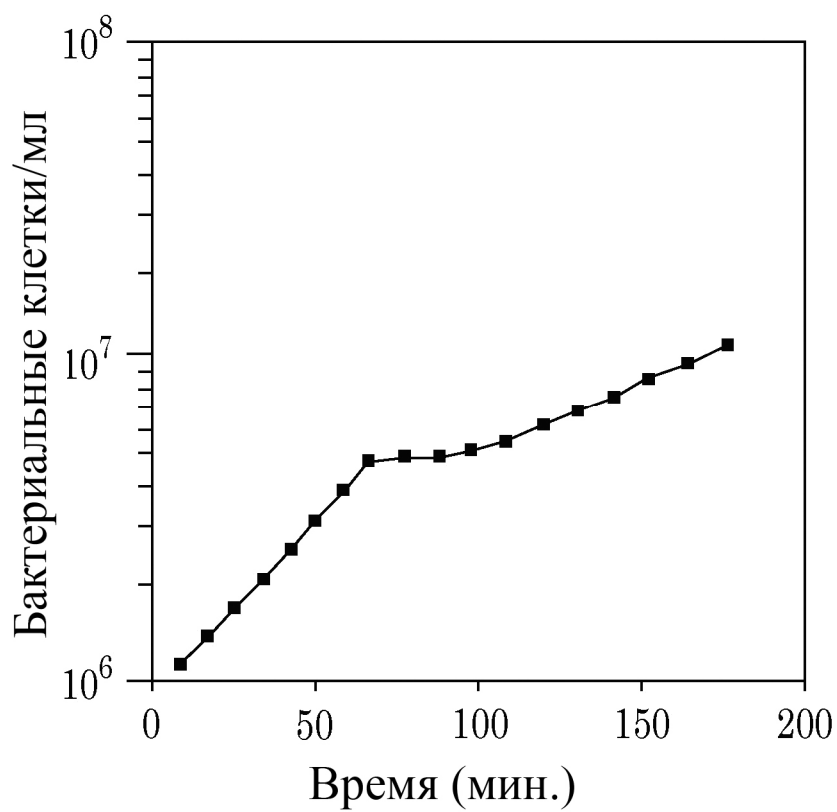
A. Цитоскелет	<i>a.</i> Кадгерин
B. Клеточная стенка	<i>b.</i> Целлюлоза
C. Десмосомное соединение	<i>c.</i> Коллаген
D. Внеклеточный матрикс	<i>d.</i> Актин
	<i>e.</i> Кератин
	<i>f.</i> Лигнин

В3. (1,5 балла) Буква в каждой клетке на рисунке обозначает орган или ткань.

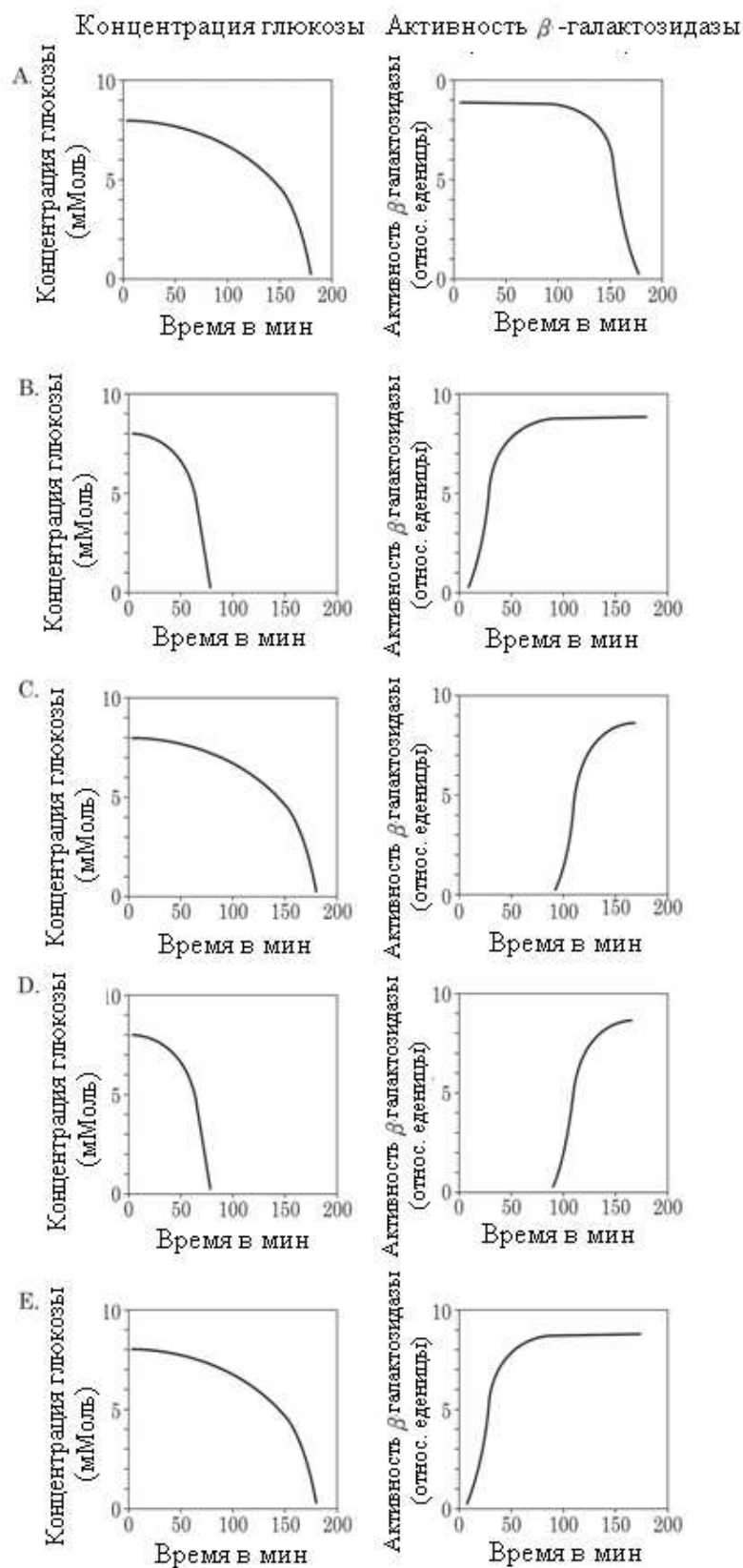


Внесите букву, обозначающую каждый орган или каждую ткань, в правильную клетку в листе ответов.

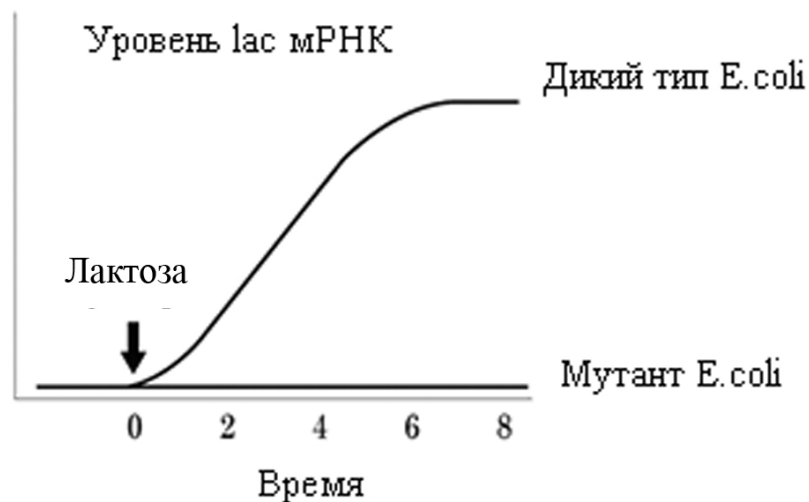
В4. (2,2 балла) При выращивании *E. coli* на среде, содержащей смесь глюкозы и лактозы, рост имеет сложную кинетику, как показано на графике ниже.



В4-1. (1 балл) Какая пара кривых правильно отражает изменения в концентрации глюкозы в среде и активность β -галактозидазы внутри клеток?



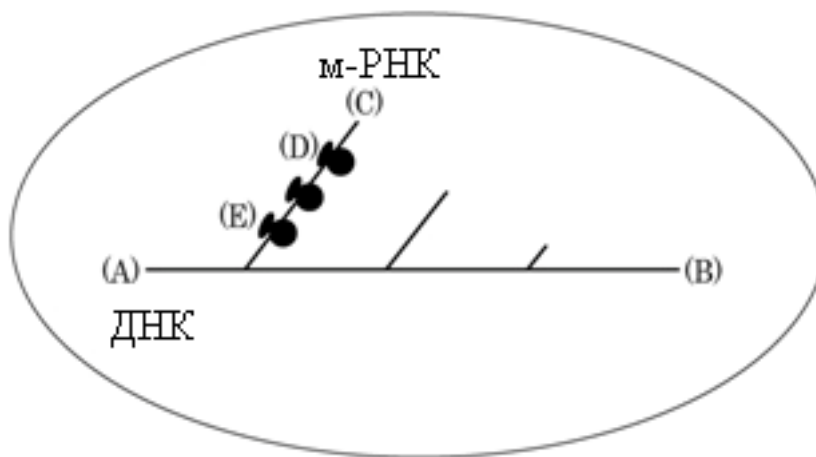
В4-2. (1,2 балла) На графике ниже показан характер экспрессии *lac* мРНК в клетках дикого типа и мутанта *E. coli* после добавления лактозы к истощенной по глюкозе среде.



Укажите в листе ответов знаком (✓), может или не может каждый мутант демонстрировать показанный на рисунке мутантный характер экспрессии.

Мутант
I. Мутант <i>E. coli</i> , у которого репрессор не экспрессируется
II. Мутант <i>E. coli</i> , у которого репрессор может связываться с оператором, но не с лактозой
III. Мутант <i>E. coli</i> , у которого оператор мутировал таким образом, что репрессор не может связываться с оператором
IV. Мутант <i>E. coli</i> , у которого РНК-полимераза не может связываться с промотором <i>lac</i> -оперона

В5. (1,5 балла) На рисунке ниже изображены транскрипция и трансляция гена в прокариотической клетке.



Укажите в листе ответов знаком ($\checkmark$), является ли каждое описание верным или неверным.

Описание
I. Транскрипции направлена от (B) к (A).
II. Конец (C) мРНК является 5'-концом.
III. Полипептид на рибосоме (D) длиннее, чем полипептид на рибосоме (E).

В6. (2 балла) Показаны часть нуклеотидной последовательности одной цепи двуцепочечной молекулы ДНК и соответствующая аминокислотная последовательность. Находящаяся под последовательностями таблица показывает часть генетического кода.

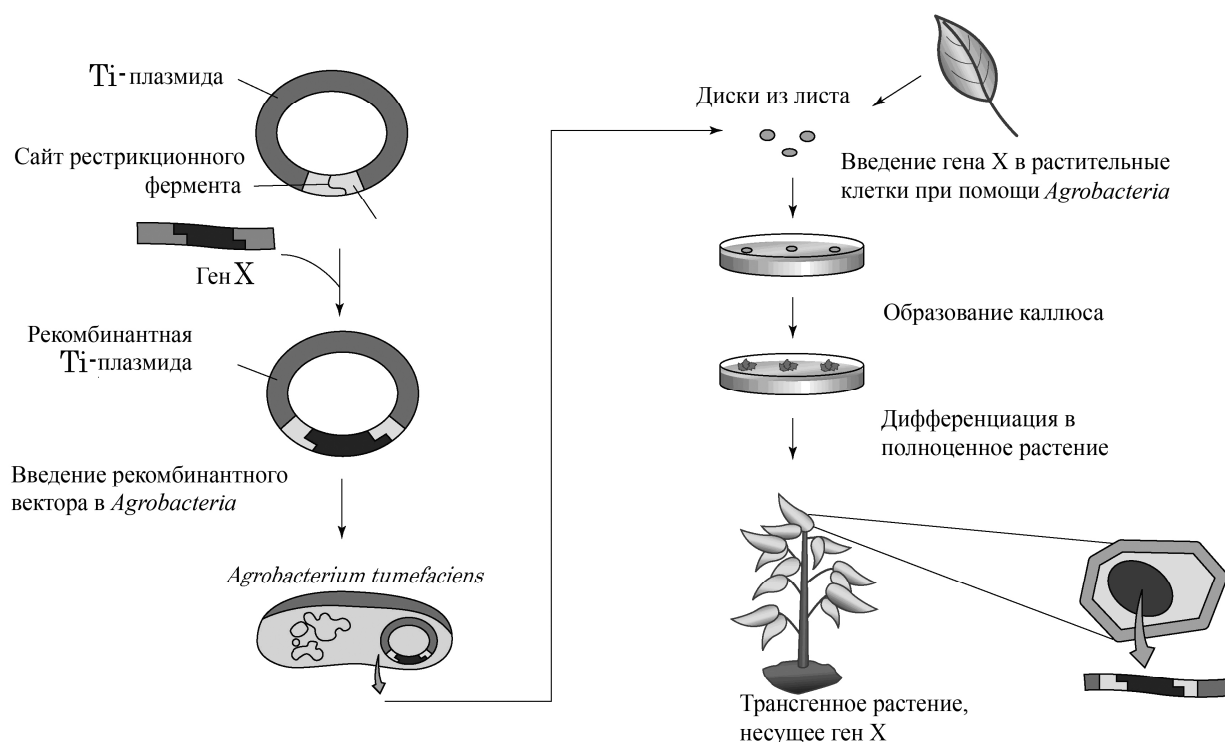
Положение кодона		a	b	c	d	
Цепь ДНК	5'.....	TTT	AAG	TTA	AGC	3'
Полипептид		Phe	Lys	Leu	Ser	

Кодон	Аминокислота
UUU	Phe
UUA	Leu
AAG	Lys
AGC	Ser

Отметьте значком (✓) в листе ответов, является ли каждое из следующих описаний правильными или неправильными? (Считайте, что число нуклеотидов ДНК соответствует таковому его первичного транскрипта.)

Описание
I. Показанная цепь ДНК является матричной цепью.
II. Если содержание G+C представленной цепи ДНК составляет 40%, то содержание A+T ее комплементарной цепи составляет 60%.
III. Если содержание G+C представленной цепи ДНК составляет 40%, то содержание A+U ее первичного транскрипта составляет 60%.
IV. Нуклеотидная последовательность мРНК, транскрибируемой с указанной цепи ДНК следующая: 5' UUU AAG UUA AGC 3'.

В7. (2 балла) На рисунке ниже показан процесс создания трансгенного растения, содержащего ген X, при помощи Ti-плазмиды *Agrobacteria*.



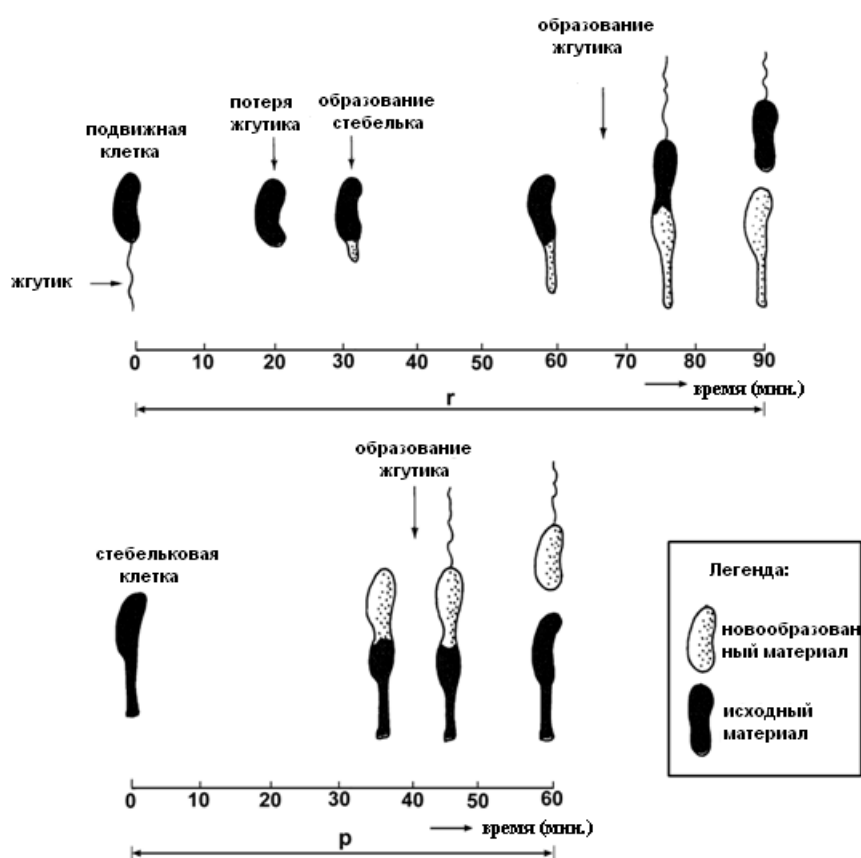
В7-1. (1 балл) Какое объяснение этого процесса является правильным или неправильным?

Объяснение
I. Для образования рекомбинантной ДНК использовались рестрикционные ферменты и лигаза.
II. Для дифференциации дисков из листа в растение использовалась техника культивирования растительных тканей.
III. В геном растения была целиком интегрирована рекомбинантная Ti-плазмида, содержащая ген X.
IV. Встраивание гена X в геном трансгенного растения может быть подтверждено с использованием геномной ПЦР или анализом Саузерн-блотт.
V. Экспрессия интродуцированного гена X может быть проверена с использованием ПЦР с обратной транскрипцией, анализом Нозерн-блотт или Вестерн-блотт.

В7.2. (1 балл) Определите, являются ли следующие описания экспрессионного вектора у растений в целом правильными или неправильными?

Описание	
I.	Он должен содержать селектирующий маркерный ген, необходимый для селекции трансформированных клеток.
II.	Он должен содержать промотор, который может экспрессировать интродуцированный ген внутри растительной клетки.
III.	Он обычно содержит сайт множественного клонирования, используемый для инсерции (вставки) чужеродного гена..
IV.	Он должен иметь такую же нуклеотидную последовательность, как специфическая часть растительного генома, так как чужеродный ген встраивается гомологической рекомбинацией.
V.	Он должен содержать точку начала репликации, необходимую для клонирования в процессе получения и наработки рекомбинантного вектора.

B8. (1,5 балла) У бактерии *Caulobacter* клеточное деление происходит по-особенному. Деление материнской клетки приводит к возникновению двух различных дочерних клеток: “подвижных” клеток (г) и “стебельковых” клеток (р). Подвижные клетки способствуют распространению *Caulobacter*. Стебельковые клетки неподвижные и используют стебелек для прикрепления на месте. На рисунке ниже показано, как делятся подвижные и стебельковые клетки.

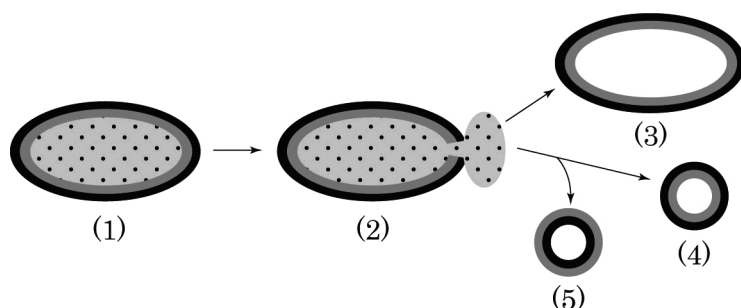


Цикл деления, если оно начинается с подвижной клетки ($\gamma = 90$ мин) длиннее, чем если он начинается со стебельковой клетки ($\rho = 60$ мин). Более длительный период (γ) обусловлен тем, что подвижная клетка:

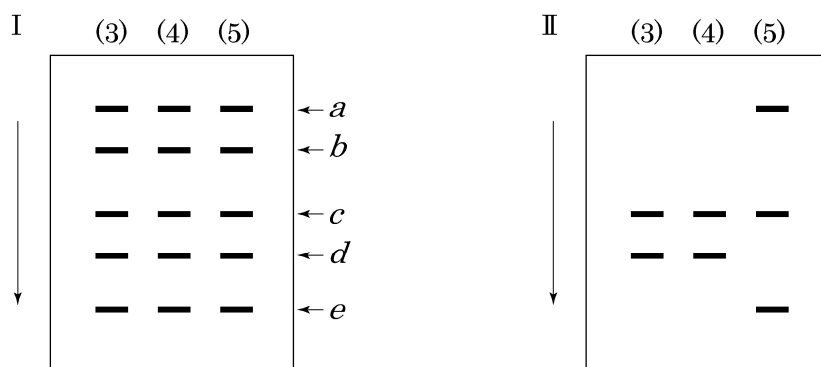
- А. Образует больше ДНК, чем стебельковая клетка.
- В. Образует стебелек перед делением.
- С. Образует жгутик во время деления.

Отметьте знаком ($\checkmark$) в листе ответов, является ли каждое из вышеизложенных объяснений правильным или неправильным.

В9. (2 балла) В описанном ниже эксперименте клетки (1) были помещены в среду с меньшей концентрацией солей, чем в цитоплазме, что вызвало их набухание и разрыв в одной точке (2). Затем лопнувшие клетки были отмыты и «запечатаны» с образованием «теней» (3). Этот процесс также сопровождался образованием маленьких везикул, ориентация мембраны которых была либо правильной (4) либо вывернутой (внутренней стороной наружу) (5), в зависимости от ионного состава раствора, использованного для процедуры разрушения.



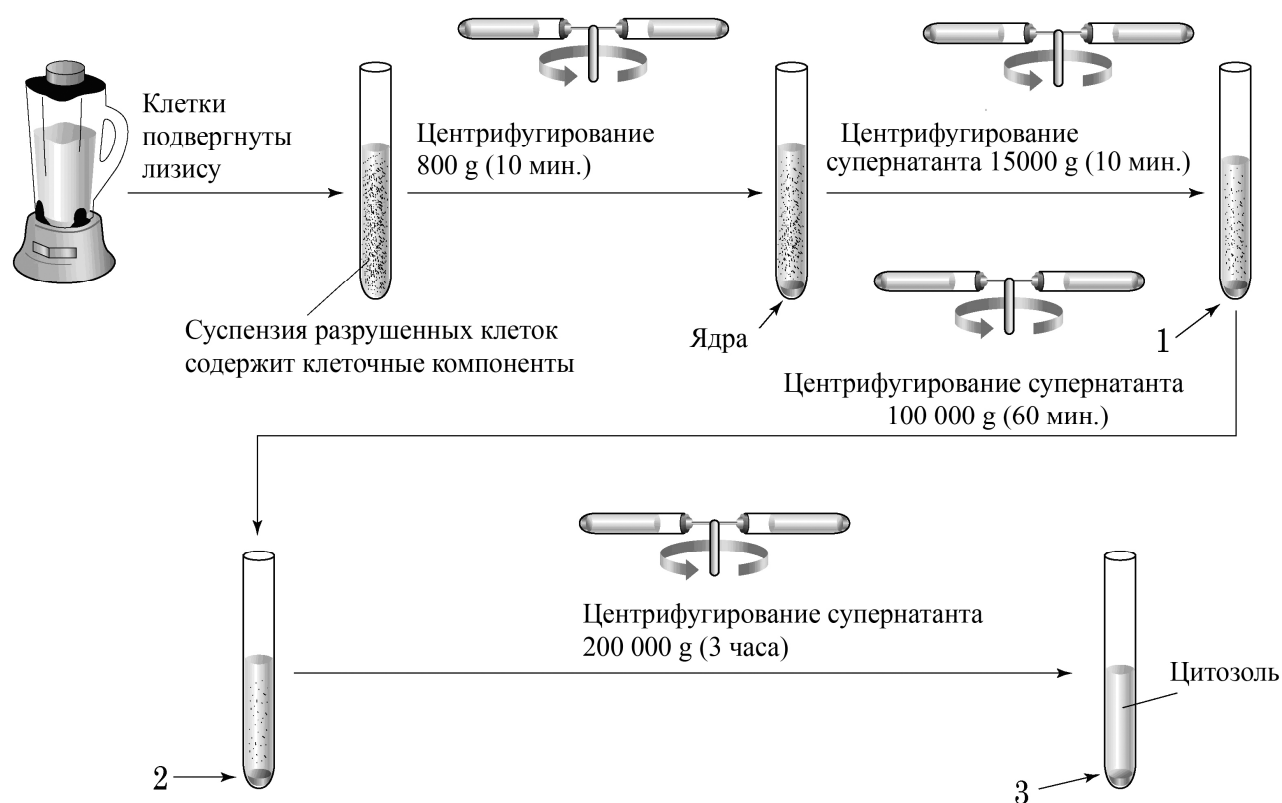
Каждая из приготовленных теней/везикул была смешана с радиоактивным реагентом для мечения, который является водорастворимым и может ковалентно связываться с белками (3~5). Затем белки, погруженные в мембрану, были солюбилизованы детергентом и подвергнуты электрофоретическому анализу в полиакриламидном геле с додецилсульфатом (SDS). Разделенные белки были визуализированы окраской Кумасси (I) и автордиографией (II).



Какой/какие из белков ($a \sim e$) является/являются трансмембранным/ми белком/ами?

- A. Белок b
- B. Белок c
- C. Белок d
- D. Белки $a \sim e$
- E. Белок a и белок e

В10. (1,5 балла) Субклеточные органеллы и их клеточные компоненты могут быть легко выделены путем фракционирования по размеру при дифференциальном центрифугировании, как показано ниже. При этом процессе образуются четыре осадка (ядро и 1~3).



В Таблице ниже приведены описания внутриклеточных органелл, полученных в виде осадков при разных центрифугированиях.

Осадок	Описание
Ядро	Органелла, содержащая линейную ДНК, несущую теломерные последовательности
Осадок 1	Органелла, генетическая информация которой наследуется путем наследования по материнской линии
Осадок 2	Органелла, в которой осуществляется гликозилирование большинства белков
Осадок 3:	Органелла, состоящая из двух субъединиц и синтезирующая белки

Учитывая, что субклеточные структуры не разрушились при центрифугировании, определите, являются ли описания А, В и С различных внутриклеточных структур в одних и тех же осадках верными или неверными. Внесите знак “√” в соответствующую клетку в листе ответов.

	Осадок	Описание
А	Осадок 1	Органелла, содержащая набор протеаз, липаз и нуклеаз
В	Осадок 2	Органелла, катализирующая превращение перекиси водорода (H_2O_2) в воду и кислород.
С	Осадок 3	Инфекционный внутриклеточный вирус, покрытый вирусной оболочкой.

В11. (2 балла) Рестрикционная карта *SalI* и *XhoI* линейной молекулы ДНК величиной 5kb представлена ниже.



SalI сайт узнавания

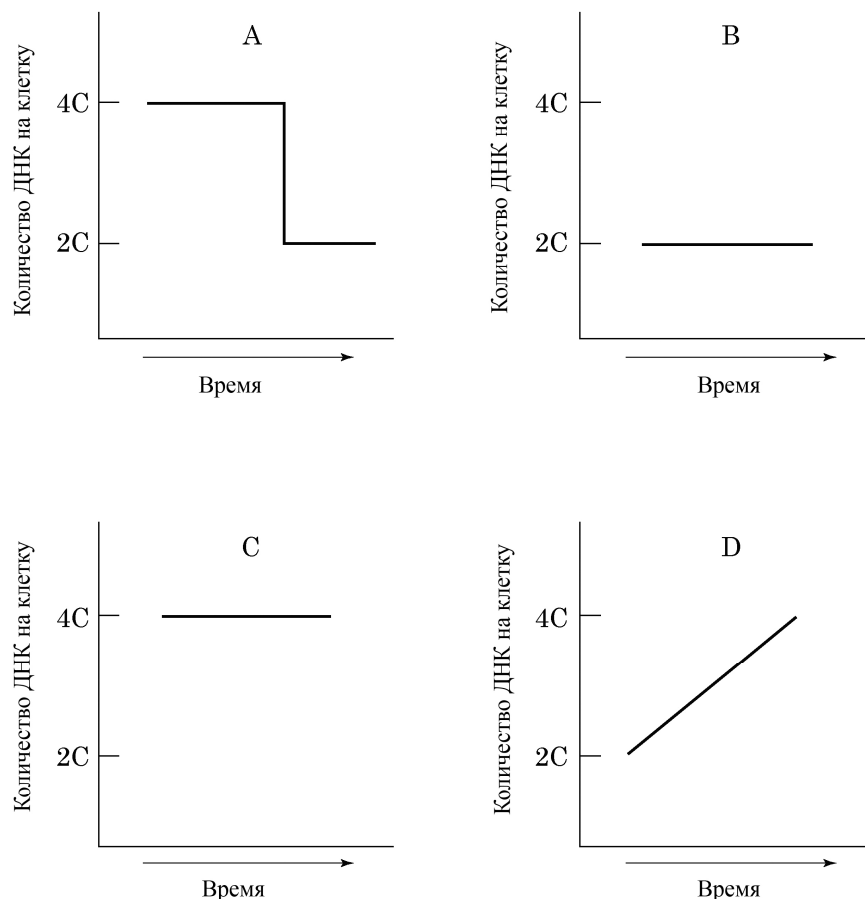


XhoI сайт узнавания



Фрагменты ДНК величиной 3,5 kb, полученные расщеплением *XhoI* были сшиты с фрагментами ДНК величиной 1,0 kb, полученными расщеплением *SalI* . Полученные молекулы ДНК величиной 4,5 kb были расщеплены *SalI*. Запишите длину всех фрагментов ДНК, которые можно получить такой обработкой. (Считайте, что рестрикционные ферменты полностью разрезают молекулы ДНК, а тупые концы не лигируются.)

B12. (1,5 балла) Следующие графики показывают количественные изменения в содержании ДНК на каждой из четырех стадий клеточного цикла (G1, S, G2, M).



Выберите графики (A~D), представляющие стадии, описанные в I~III.

Клеточная активность и ответ	
I. Обработка таксолом, который предотвращает деполяризацию микротрубочек, останавливает клетки на этой стадии.	
II. При обработке митогеном, таким как эпидермальный фактор роста, остановившаяся на этой стадии клетка приступит к следующей стадии клеточного цикла.	
III. Контрольная точка (чекпоинт) на этой стадии клеточного цикла подтверждает, что удвоение ДНК завершилось, прежде чем клетка перейдет к следующей стадии.	

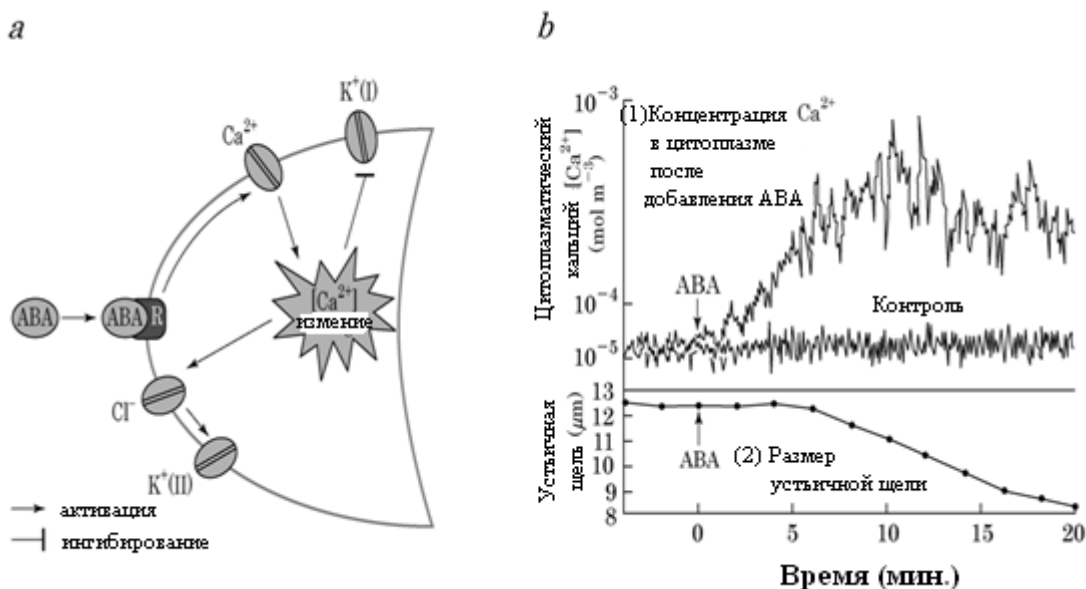
АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В13. (2 балла) Трансгенное растение *Arabidopsis* ($2n$) имеет в сумме две копии гена устойчивости к канамицину в ядерном геноме, одну в хромосоме 1 и вторую в хромосоме

3. Укажите знаком ($\checkmark$) является каждое описание верным или неверным.

Описание
I. Все пыльцевые зерна этого растения несут гены устойчивости к канамицину.
II. Эндосперм, образовавшийся при самоопылении этого растения, содержит 0~6 копий гена устойчивости к канамицину.
III. Если семена от самоопыления у этого растения прорастут, то соотношение проростков, устойчивых к канамицину, к проросткам, чувствительным к канамицину, составит 3 к 1.
IV. Среди клеток корня этого растения, находящихся в профазе митоза, присутствует клетка, содержащая 4 копии гена устойчивости к канамицину.

B14. (1,5 балла) На Рисунке *a* показан путь передачи сигнала АВА в замыкающей клетке. На Рисунке *b* показаны изменения в (1) концентрации цитоплазматического Ca^{2+} в замыкающей клетке и (2) изменение размера устьица, происходящие после обработки АВА.



Для каждого описания относительно действия АВА укажите знаком (✓), является ли оно правильным или неправильным?

Описание	
I.	При обработке АВА Ca^{2+} поступает из окружающей среды внутрь замыкающей клетки.
II.	При обработке АВА в цитоплазме замыкающих клеток концентрация K^{+} возрастает.
III.	K^{+} -канал (I) обеспечивает поток ионов наружу, а K^{+} -канал (II) - внутрь.

В15. (3 балла) Хлоропласт, растительная органелла, происходит от предшественников цианобактерий; однако многие белки хлоропласта кодируются генами ядерного генома.

В15-1. (1,2 балла) Для каждого из свойств ДНК хлоропластов укажите знаком (✓) в листе ответов, является ли это свойство сходным с геномной ДНК прокариот или эукариот?

Свойство
I. ДНК представляет собой кольцевую двойную цепь.
II. Имеются интроны.
III. Кодируются компоненты 70S рибосомы.
IV. Обычно транскрибируется полицистронная мРНК.

B15.2. (1,8 балла) Белок X –это белок люмена тилакоидов, который транскрибируется в ядре и транслируется в цитоплазме. Затем белок переносится при помощи сигнального пептида I в строму хлоропластов. В строме сигнальный пептид I отщепляется и получившийся белок доставляется в люмен тилакоида при помощи сигнального пептида II. В люмене тилакоида сигнальный пептид II отщепляется, и там обычно наблюдается получившийся полипептид III.

Белок X люмена тилакоида



В ядерный геном были введены и экспрессированы различные рекомбинантные векторы белка X. Для каждого рекомбинантного вектора заполните пустые клетки во 2-ой колонке таблицы, указав основную локализацию (A~D) в клетке экспрессируемых белков. Заполните пустые клетки в 3-ей колонке таблицы полипептидами (E~H), которые будут там присутствовать.

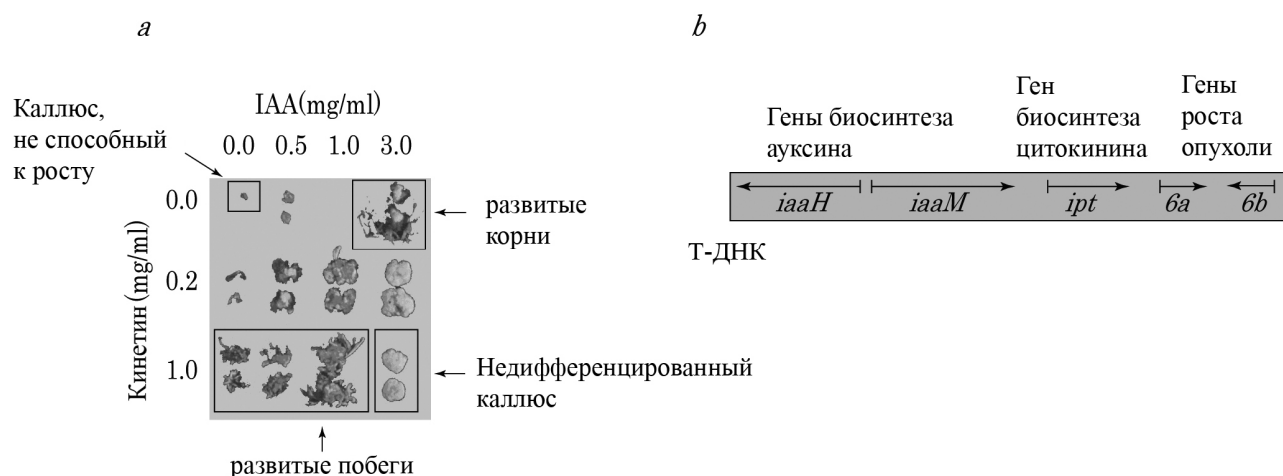
< Локализация экспрессируемых белков в клетке >

A. Цитоплазма B. Строма C. Мембрана тилакоида D. Люмен тилакоида

< Наблюдаемые полипептиды >

E. I-II-III F. I-III G. II-III H. III

B16 (1,5 балла). Рисунок *a* показывает органогенез растительного каллуса, выращиваемого на среде, содержащей различные концентрации IAA (ауксин) и кинетина (цитокинин). В природе почвенная бактерия *Agrobacterium* индуцирует образование корончатых галл на корнях бобовых растений. Эта бактерия индуцирует опухолей (галл) путем интеграции своей Т-ДНК в растительный геном и экспрессии группы генов необходимых для образования галл (Рисунок *b*).



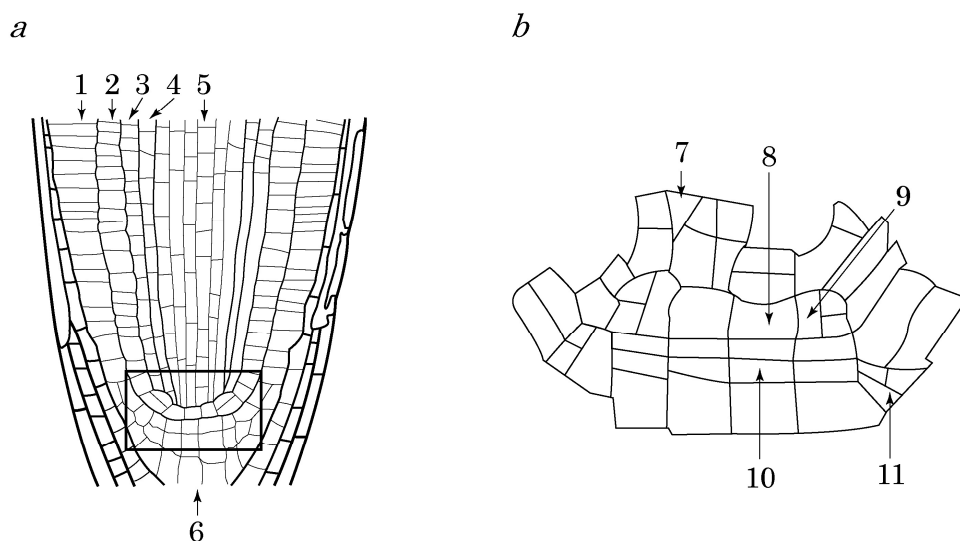
Если инфицирующая *Agrobacterium* потеряет или сверх-экспрессирует гены биосинтеза ауксина или гены биосинтеза цитокина, предскажите наиболее ожидаемый фенотип каллюса (A~D) для каждого мутанта, описанного в представленной ниже таблице. Поставьте знак (✓) в соответствующую клетку в листе ответов.

<Ожидаемый фенотип каллюса>

A. Каллус, дающий побеги	B. Каллус, дающий корни
C. Недифференцированный каллус	D. Неспособный к росту каллус

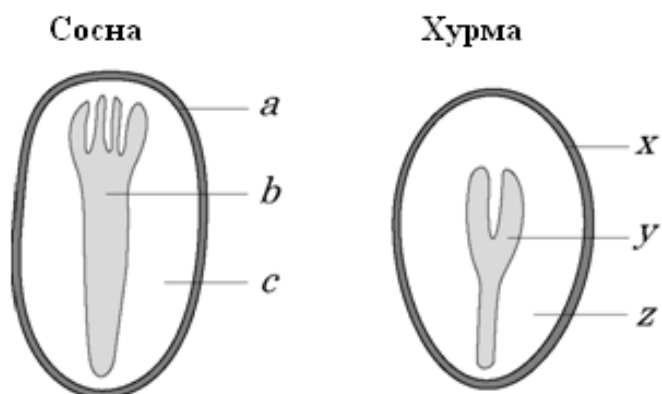
Мутация гена
I. Делеция <i>iaaH</i> , сверхэкспрессия <i>ipt</i>
II. Сверхэкспрессия <i>iaaH</i> , делеция <i>ipt</i>
III. Делеция <i>iaaH</i> и <i>ipt</i>

В17. (2,4 балла) Корни растения состоят из различных типов клеток. Тип клеток корня определяется делением и дифференциацией определенной стволовой клетки (меристемной клетки). На рисунке *a* показана полная микроскопическая структура первичного корня *Arabidopsis* на продольном срезе, а на рисунке *b* отражено расположение примордиальных (стволовых) клеток корня в прямоугольнике, выделенном на рисунке *a*.



Заполните таблицу, правильно сопоставив перечисленную функцию с правильным типом клеток корня (1~6 на Рисунке *a*) с соответствующей исходной клеткой (7~11 на Рисунке *b*).

В18. (1,5 балла) На рисунке ниже показано внутреннее строение семян сосны и хурмы.

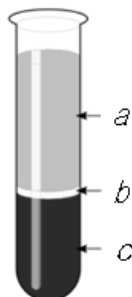


Укажите знаком ($\checkmark$) являются ли следующие утверждения правильными или неправильными.

I. Структуры <i>a</i> и <i>b</i> одинаковы по ploидности, но отличаются по генетическому составу.
II. Структуры <i>a</i> , <i>b</i> и <i>c</i> состоят из двух различных спорофитных структур и одной гаметофитной структуры.
III. Структуры <i>x</i> и <i>y</i> одинаковы как по ploидности, так и по генетическому составу.
IV. Структура <i>z</i> имеет в три раза большую ploидность, чем структура <i>c</i> .
V. Обе структуры <i>a</i> и <i>x</i> окружены завязью.

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

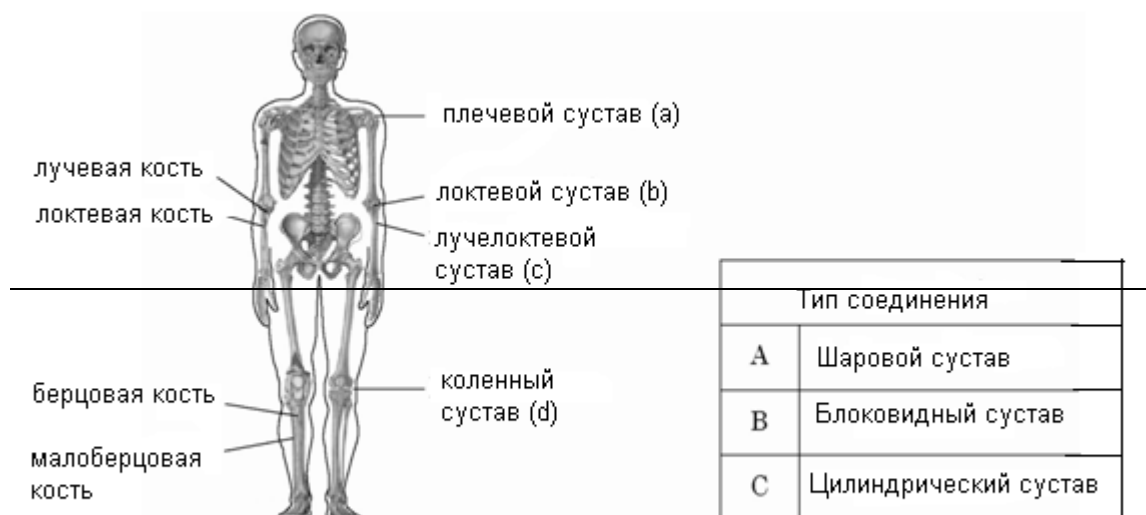
В19. (1,8 балла) Кровь человека можно разделить на три фракции при помощи центрифуги, как показано на следующем рисунке.



Выберите из этих фракций (*a~c*) ту, которая главным образом определяет каждую из следующих функций крови. Ответ отметьте знаком (✓) в соответствующей клетке.

Функция
I. Выработка антител
II. Транспорт углекислого газа
III. Транспорт железа
IV. Транспорт кислорода
V. Образование кровяного сгустка
VI. Нейтрализация змеиного яда

B20. (2,2 балла) На рисунке представлен скелет взрослого человека, а в таблице перечислены различные типы соединений.



B20-1. (1,2 балла) Выберите тип каждого соединения, внося знак (✓) в соответствующую клетку в листе ответов.

B20-2. (1 балл) Отметьте знаком (✓), какие из следующих утверждений относительно функции соединений и костей являются верными, а какие неверными.

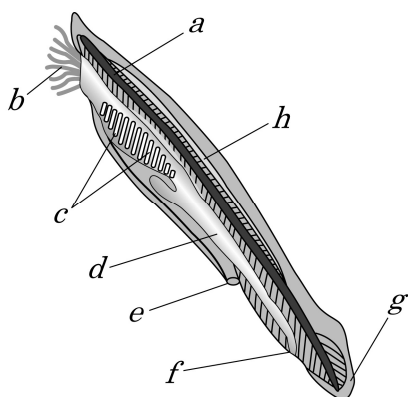
Функция
I. Соединение между черепом и первым шейным позвонком позволяет вращение головы.
II. Малая и большая берцовые кости играют важную роль в поддержании веса тела.

B21. (2,4 балла) Хордовые отличаются от остальных животных по 4 определенным ключевым морфологическим признакам.

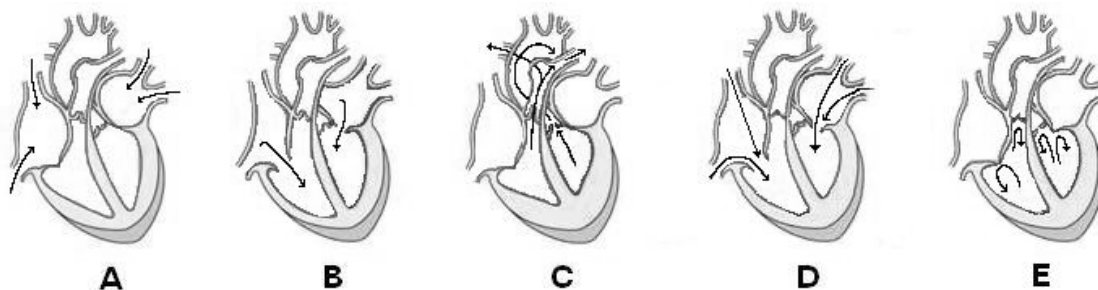
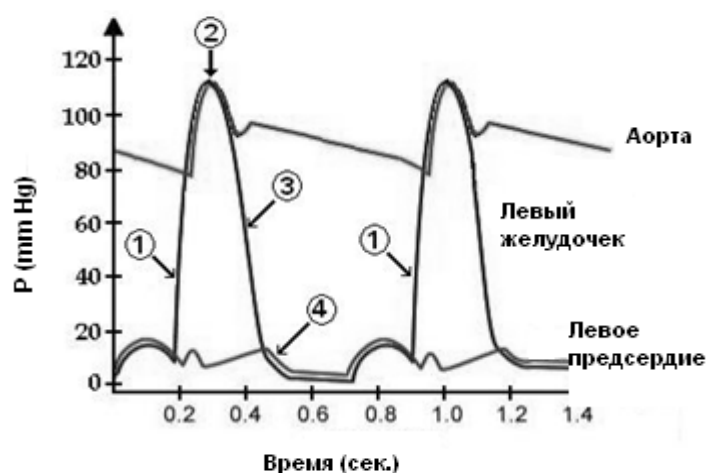
B21-1. (1,2 балла) Выберите из представленного перечня 4 ключевых морфологических признака и запишите их номера в колонке слева в таблице в листе ответов.

Морфологический признак		
1. волосы	2. мозг	3. глоточные щели
4. жабры	5. нотохорда	6. кишечник
7. расположенная на спинной стороне нервная трубка		8. анус
9. хвост		

B21-2. (1,2 балла) На рисунке ниже изображено морфологическое строение ланцетника (*Branchiostoma*). Найдите каждый из признаков, который вы внесли в таблицу (**B21.1**) – впишите соответствующий буквенный код в колонку в правой части таблицы.



B22. (2 балла) График ниже показывает изменения давления в аорте, левом желудочке и левом предсердии, которые возникают одновременно во время сердечного цикла у млекопитающих. Под графиком схематически изображено сердце и показаны направления движения крови и состояние клапанов (открыты/закрыты).



Сопоставьте каждый номер события на графике сердечного цикла с буквой на соответствующем схематическом изображении сердца. Впишите соответствующий буквенный код в правую колонку в листе ответов.

В23. (1,5 балла) На Рисунке I изображена взаимосвязь между весом и специфической скоростью метаболизма у некоторых видов животных, а на Рисунке II показан уровень потребления O_2 указанными видами в зависимости от скорости бега (на беговой дорожке).

Рисунок I

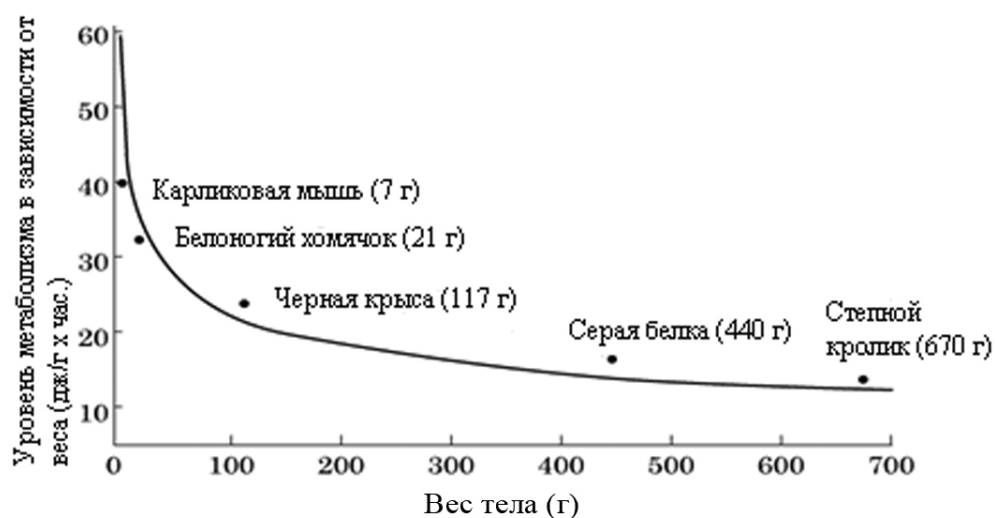


Рисунок II



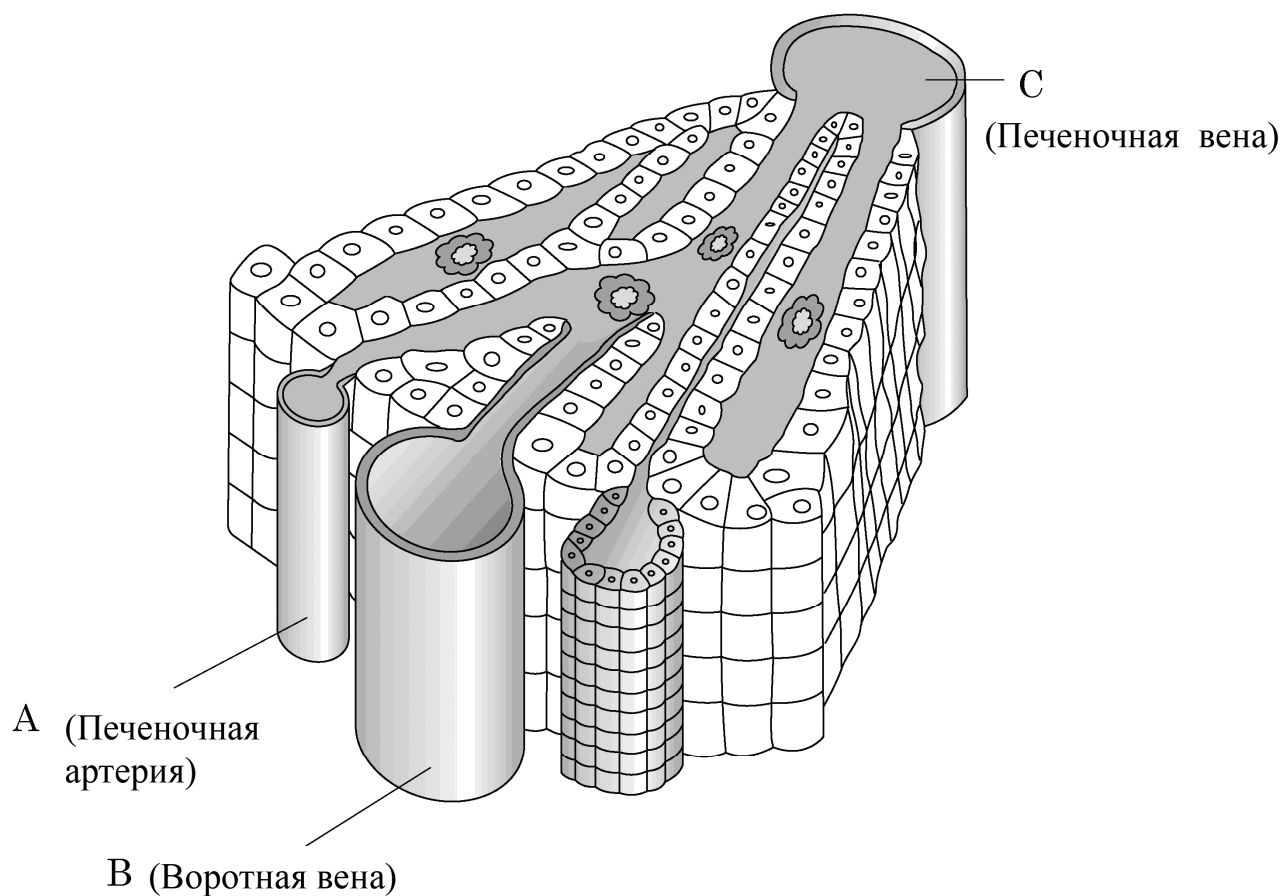
Прочтите следующие объяснения и укажите знаком ($\checkmark$), является ли каждое из них правильным или неправильным.

Объяснение
А. В состоянии покоя маленькие животные потребляют больше энергии на единицу веса, чем более крупные животные.
В. Используя одно и тоже количество пищи на единицу веса тела, маленькие животные могут покрывать более длинные расстояния, чем более крупные животные.
С. Используя одно и тоже количество пищи, более крупные животные синтезируют больше АТФ, чем более мелкие.

B24. (1,8 баллов) Если бы космонавт жил на планете, которая больше и тяжелее Земли, он был бы подвержен большей силе гравитации. Какие симптомы вы ожидали бы увидеть в этом случае в теле космонавта? Укажите для каждого из симптомов знаком (✓), является ли он ожидаемым или не ожидаемым. (Предположите, что состав атмосферы на планете такой же, как и на Земле).

Симптом
А. Повышение кровяного давления
В. Снижение уровня дыхания.
С. Увеличение мышечной массы
Д. Увеличение плотности костей
Е. Снижение числа эритроцитов.
Ф. Увеличение содержания кислорода в крови

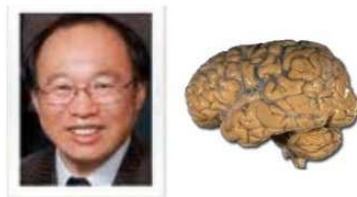
B25. (1,5 балла) На следующем рисунке показан срез через кровеносные сосуды в ткани печени. Три основных кровеносных сосуда обозначены заглавными буквами (A ~ C).



Следующие утверждения описывают свойства крови, протекающей через определенный сосуд. Укажите для каждого утверждения знаком (✓) в соответствующей клетке, в каком кровеносном сосуде находилась бы данная кровь.

Описание
I. Кровь с самым высоким содержанием кислорода.
II. Эта кровь первой демонстрирует повышение содержания липидов после приема пищи.
III. Эта кровь первой демонстрирует повышение содержания глюкозы после приема пищи.

B26 (3 балла) Корейский профессор Чарли Шин свободно разговаривал на двух языках, корейском и английском. Он также мог хорошо общаться на языке жестов (язык глухонемых). К сожалению, когда он участвовал в дискуссиях на заседаниях жюри МБО 2010, у него случился инсульт. Доктор Оливер установила, что у Чарли повреждена кора левого полушария головного мозга, которая контролирует определенную часть зоны, отвечающей за способность к речи (центр речи), и все зоны, отвечающие за подвижность руки.



B26.1. (1 балл) Начиная медсестра проверила способность к речи у Чарли. Из приведенных ниже выберите правильный диагноз.

- A. Чарли трудно понимать, что говорит доктор Оливер.
- B. Чарли трудно понимать теоретические вопросы МБО 2010 в напечатанном на бумаге виде.
- C. Чарли трудно понять слово «ЛЮБОВЬ», написанное на его спине доктором Ю.Т.Ким.
- D. Способность Чарли свободно говорить по-корейски пропала.
- E. Способность Чарли писать по-корейски стихи его правой рукой полностью сохранилась.

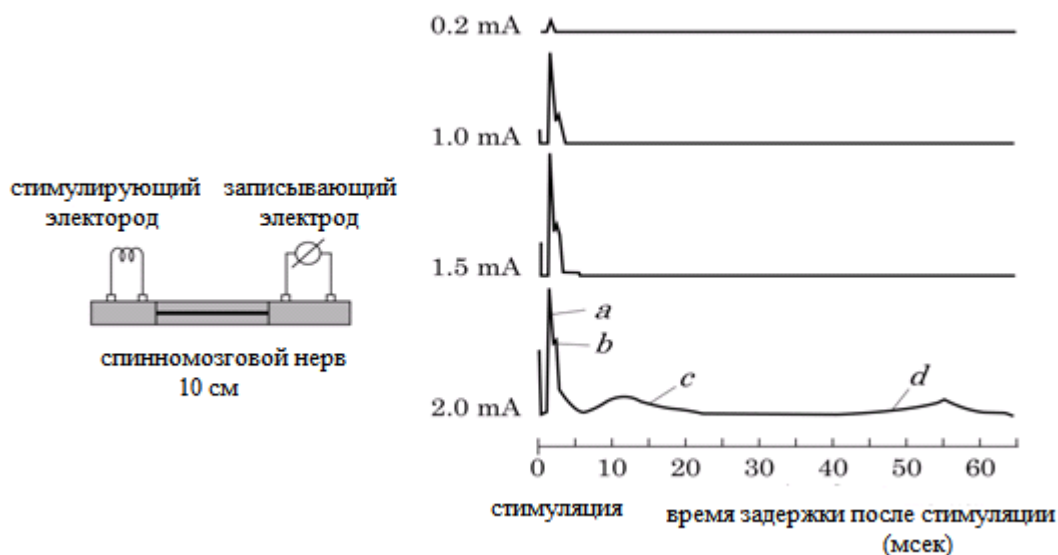
B26.2. (1 балл) Способность Чарли к языку жестов и подвижность его верхней конечности также были внимательно проверены доктором Оливер. Результаты показали, что он также не способен правильно объясняться на языке жестов с помощью любой руки и двигать правой рукой. Какие выводы вы можете из этого сделать?

- A. Поврежденная речевая зона коры отвечает как за язык жестов, так и за разговорный язык.
- B. Моторные нейроны коры правого полушария головного мозга управляют мышцами правой стороны тела.
- C. Зона, отвечающая за понимание речи, расположена в правом полушарии.
- D. Его зрительная система также повреждена.
- E. Его возможность выражаться языком жестов с помощью левой руки осталась нормальной.

B26.3. (1 балл) В журнале Science были опубликованы результаты исследования интерфейса мозг-машины (BMI) на обезьянах. Ряд записывающих микроэлектродов был имплантирован в ассоциативную зону и в зону, отвечающую за планирование движений верхних конечностей во фронтальной коре нормальной обезьяны. Во время движения были записаны электромиограммы от верхних конечностей (EMG) и одновременно были записаны ответы нейронов с помощью имплантированных записывающих электродов во фронтальной коре. Были получены корреляции между EMG и нейронными сигналами через каждые 200 мсек, и эти корреляции применялись для управления движениями рук робота. Обезьяны могли мысленно контролировать руку робота с почти 100% успехом без использования мышц руки. Определите, будут ли эти утверждения правильными или неправильными, если такая технология BMI будет применена к человеку.

Утверждение	
I	Иммунологическая реакция является одной из трудностей, которые надо будет преодолеть в будущем при разработке протеза для пациентов, таких как Чарли.
II	Для правильного декодирования информации планирования движений число одновременно записываемых нейронов должно быть увеличено.
III	Гораздо более трудно разработать робот-протез пальцев, чем робот-протез руки, с использованием такой технологии BMI
IV	Эта технология BMI является подходящей для преодоления речевых нарушений у Чарли путем декодирования информации по управлению движениями.
V	Описанная технология BMI может быть классифицирована, как моторная (выходящая) BMI (интерфейс мозг-машина), тогда как искусственный слуховой аппарат может быть классифицирован, как сенсорный (входящий) BMI (интерфейс машина-мозг).

B27 (3 балла) Спинномозговой нерв имеет четыре вида аксонов, осуществляющих такие физиологические функции, как сокращение мышц и кожная чувствительность, а также восприятие температуры и боли. Покрытые миелином аксоны большого диаметра переносят двигательную информацию, тогда как не покрытые миелином аксоны малого диаметра переносят болевую информацию. На изолированном спинномозговом нерве крысы был проведен следующий электрофизиологический эксперимент. Нерв был подвержен электрическому стимулированию четырех различных интенсивностей. Поскольку стимуляция вызывала одновременную стимуляцию всех аксонов нерва, включая аксоны большого и малого диаметра, наблюдались различные пики (от *a* до *d*) в составном (сложном) потенциале действия (САР), зарегистрированном на осциллографе. Среднее время задержки появления этих пиков САР составляло: *a*, 2 мсек; *b*, 2,5 мсек; *c*, 12 мсек; и *d*, 55 мсек. Длина спинномозгового нерва составляла 10 см.



B27.1. (1 балл) Вычислите скорость проведения сигнала (м/сек) пика *a* САР.

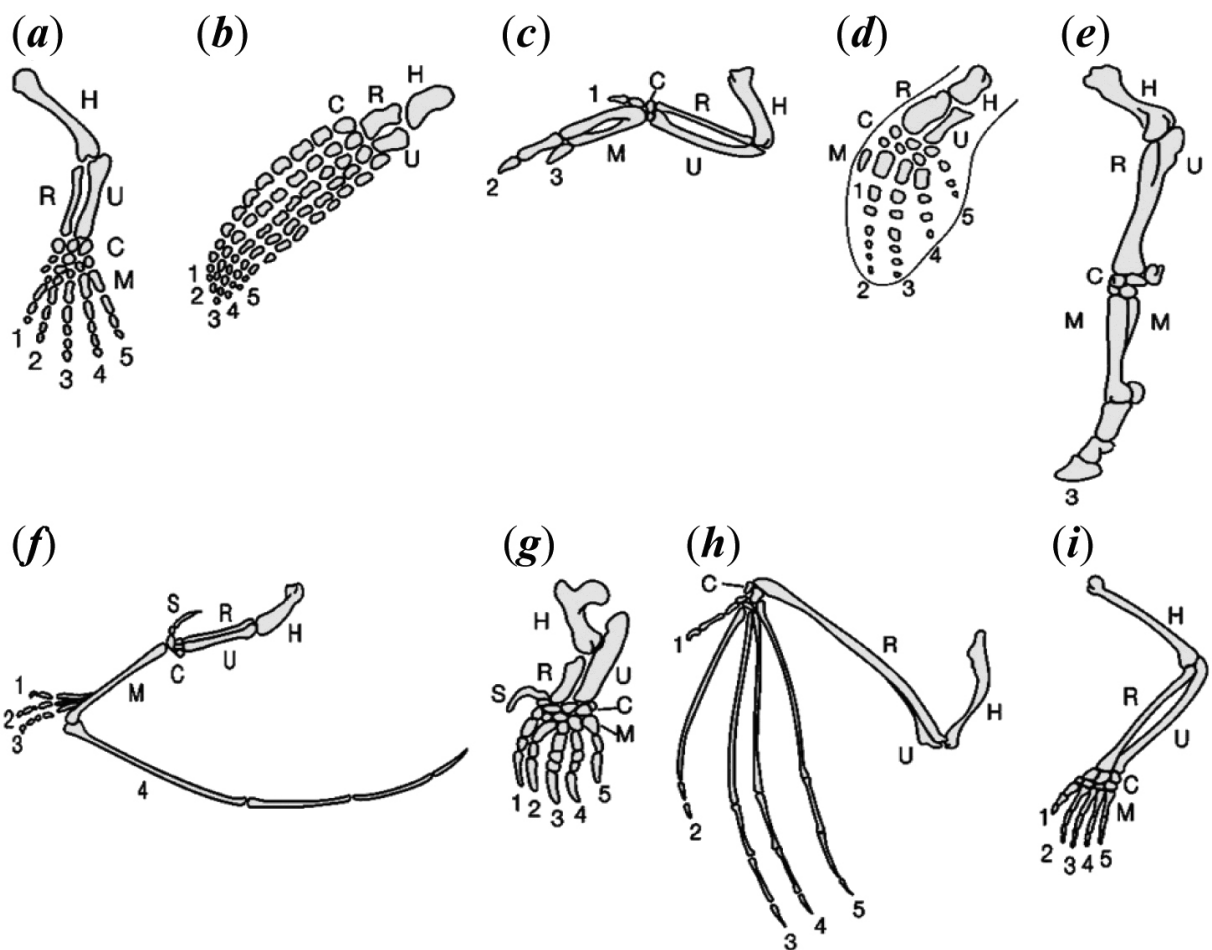
B27.2. (1 балл) Какого из следующих эффектов можно ожидать после смачивания средней части нерва локальным анестезирующим средством, блокирующим Na⁺ каналы?

- A. Высота всех пиков САР снизится.
- B. Время задержки после стимуляции всех пиков САР сократится.
- C. Пики уменьшаться и время задержки сократятся избирательно в пиках САР *c* и *d*.
- D. Пики уменьшаться и время задержки сократятся избирательно в пиках САР *a* и *c*.
- E. Пики уменьшаться и время задержки сократятся избирательно в пиках САР *b* и *c*.

B27.3 (0,5 балла). Какой пик САР отвечает за болевую стимуляцию?

B27.4. (0,5 балла) Какой пик САР отвечает за сокращения мышц?

B28. (2,7 балла) На рисунке ниже представлено строение скелета передних конечностей тетрапод. Обозначение **(a)** соответствует исходной конечности амфибий. Цифры и буквы при каждой конечности обозначают различные кости, как указано в подписи под рисунком.



Н: Плечевая кость, U: Локтевая кость, R: Лучевая кость, С: Запястье,
М: Пясть S: Сесамовидная кость, 1~5: Фаланги пальцев

B28.1. (1,8 балла) Какие из следующих утверждений являются наиболее вероятно правильными?

- I. (c) и (e) показывают исчезновение или слияние в скелете по сравнению с исходной картиной у предков.
- II. (b) и (g) показывают адаптацию к жизни в океане.
- III. (b) и (d) показывают конвергентную эволюцию скелета.
- IV. (i) показывает адаптацию к хватанию.
- V. Сесамовидные кости у (f) и (g) являются эволюционными возвратами к исходному состоянию.
- VI. Рисунки показывают гомологические признаки передних конечностей тетрапод.

B28.2. (0,9 балла) Какие из передних конечностей, изображенных на рисунке выше, демонстрируют или не демонстрируют адаптацию к полету? Отметьте знаком (✓) соответствующую клетку в таблице в листе ответов.

ЭТОЛОГИЯ

В29. (3 балла) В случае матрифагии потомство проявляет каннибализм, съедая самку паука.

Молодые пауки нападают на мать и съедают ее, когда достигают специфического возраста. После матрифагии молодь на короткое время остается в группе, а затем покидает гнездо после третьей линьки. Однако некоторые матери избегают матрифагии. Если мать не съедается первым выводком, то существует 30% вероятность того, что она сможет вывести второй выводок. Демографические данные для этого вида представлены в таблице.

	Размер выводка при вылуплении	Уровень выживания при 3-ей линьке	Масса тела при покидании гнезда	Уровень выживания от вылупления до репродуктивного возраста
1-ый выводок с матриофагией	100	95%	3,5 мг	20%
1-ый выводок без матриофагии	100	70%	2,0 мг	10%
2-ой выводок с матриофагией	40	95%	3,5 мг	20%

В29.1. (1 балл) Если паучихи избегут матриофагии и попытаются произвести второй выводок, то каким, в среднем, будет суммарный размер обоих вылупившихся паучков, которые эти самки могут произвести?

B29.2. (1 балл) Вычислите и запишите репродуктивный успех двух стратегий при которых самка паука:

- (i) Производит только одну кладку и съедается потомством, или
- (ii) Избегает поедания и пытается отложить вторую кладку?

(Репродуктивный успех обозначает среднее число способных к размножению потомков, которое оставляет одна самка паука.)

B29.3. (1 балл) Учитывая эволюционную перспективу и приведенные выше ограничения, выберите, какое поведение должно быть выбрано?

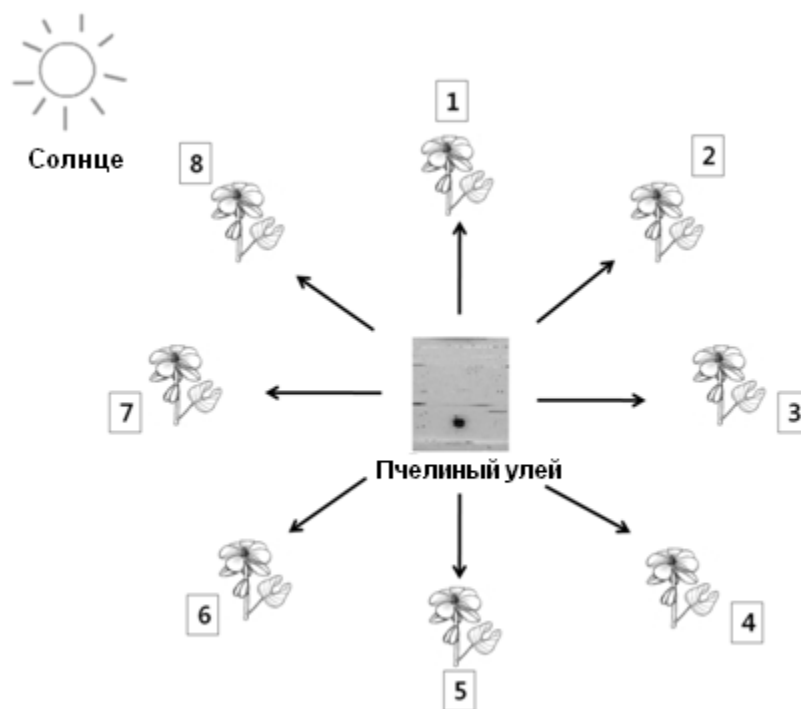
- A. Самка не разрешает матриофагию, поскольку такое поведение снижает ее выживаемость.
- B. Самка покидает гнездо до вылупления паучат из кокона.
- C. Самка поедается своим вторым выводком после того, как она покинула свой первый выводок до матриофагии.
- D. Самка поедается своим первым выводком.
- E. Самка не выводит потомство, проявляющее каннибализм по отношению к матери.

В30 .(2,6 балла) Рабочие пчелы (*Apis species*) танцуют для передачи информации о расстоянии и направлении источника пищи.

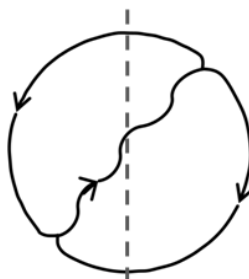
В30.1. (1 балл) Какой первичный сенсорный механизм принимает участие в такой системе коммуникации между членами колонии в гнезде?

- А. слуховой
- В. вкусовой
- С. обонятельный
- Д. осязательный
- Е. зрительный

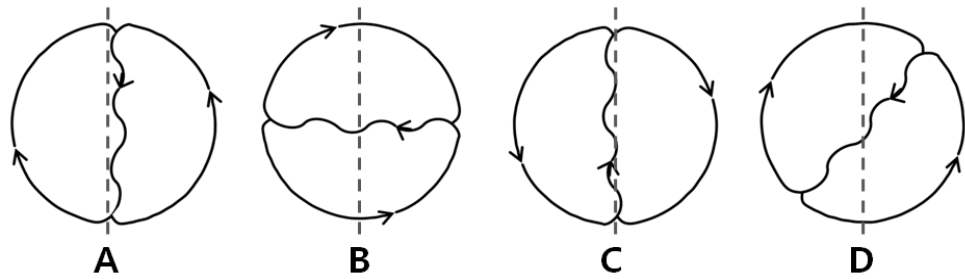
В30.2.(1,6 балла) Верхний рисунок показывает расположение 8 источников пищи (1 ~ 8) по отношению к улью.



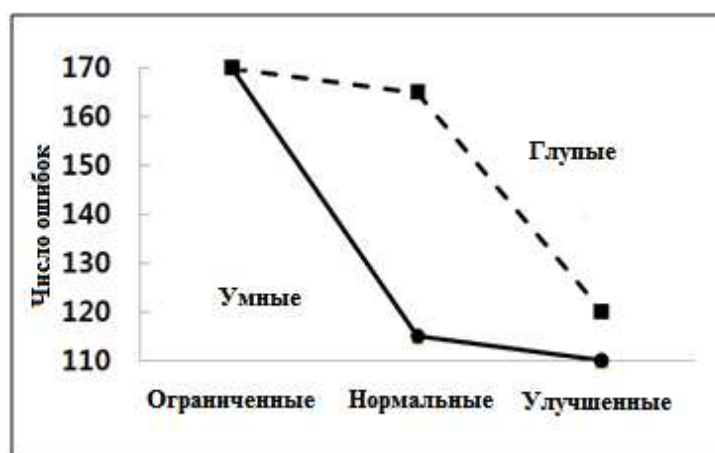
Следующий рисунок показывает колебательный танец для участка питания I. Пунктирной линией показано направление гравитации.



Сопоставьте направление на каждый источник пищи с соответствующим колебательным танцем, показанным на следующем рисунке.



В31. (1,5 балла). В течение многих поколений в нормальных условиях среды проводился отбор двух линий крыс по их повышенной или пониженной способности обучаться двигаться в лабиринте: 'умные' крысы и 'глупые' крысы. В эксперименте крысы из каждой линии воспитывались при трех условиях окружающей среды, различающихся количеством зрительных стимулов: ограниченных, нормальных и обогащенных. График ниже показывает поведение взрослых крыс в виде числа ошибок, совершенных при движении в лабиринте двух линий крыс, умных и глупых.



Укажите, является ли каждое из нижеприведенных заключений правильным или неправильным, внося знак (✓) в соответствующую клетку в листе ответов.

Заключение	
I.	Этот эксперимент доказывает, что отбор по характеру поведения приводит к генетическому различию между линиями.
II.	Если две линии крыс выращивать в нормальных условиях, они делают одинаковое количество ошибок.
III.	Этот эксперимент показывает, что зрительный сигнал на ранних стадиях развития влияет на поведение взрослых крыс
IV.	Пороговая величина зрительных стимулов, которые значительно улучшают поведение взрослых крыс, различается у глупых и умных крыс.

ГЕНЕТИКА И ЭВОЛЮЦИЯ

В32. (2 балла) У плодовой мушки *Drosophila melanogaster* пол определяется системой XX-XY.

У человека Y-хромосома определяет мужской пол, а у *Drosophila*- нет. В отличие от этого, определение пола у *Drosophila* зависит от соотношения X-хромосом и числа аутосом в гаплоидных наборах у каждой мушки.

Таблица ниже описывает пять мутантов, у которых набор половых хромосом и гаплоидный набор аутосом отличаются от нормального.

Укажите знаком (✓), пол каждого из этих мутантов.

	Набор половых хромосом	Гаплоидный набор аутосом
A	X	2
B	XXY	2
C	XXX	3
D	XXXY	3
E	XX	4

В33 .(2,4 балла) Следующие утверждения касаются эволюционного характера

морфологических признаков животных. Укажите, является ли каждое утверждение правильным или неправильным, поставив знак (✓) в соответствующую клетку в листе ответов.

Утверждения	
I.	Эволюция - это явление, характеризующееся направлением, поэтому морфологически сложные формы образовались из простых.
II.	Генетические мутации всегда приводят к морфологическим изменениям.
III.	Увеличение размера тела животного не является универсальным явлением в эволюции.
IV.	Морфологические изменения организмов не являются результатом аллометрического роста (дифференциального роста частей тела).
V.	Виды хордовых более сходны на стадиях эмбрионов, чем во взрослом состоянии.
VI.	Для некоторых групп организмов филогенетический анализ позволяет выявить направления морфологической эволюции.

В34. (3 балла) Следующие таблицы представляет результаты скрещивания растений с тремя сцепленными генами: ген F определяет цвет цветков, ген S определяет окраску семян и ген L определяет высоту растения. У каждого гена имеется по два аллеля, среди которых один аллель проявляет полное доминирование над другим аллелем. Растения с доминантным фенотипом высокие и имеют красные цветки и желтые семена; растения с рецессивным фенотипом низкие и имеют белые цветки и зеленые семена. Допустим, что кроссинговер между двумя генами произошёл только один раз.

Родители	Красные цветки/желтые семена ($FfSs$) X белые цветки/зеленые семена ($ffss$)			
Фенотипы F_1	Красные цветы / желтые семена	Белые цветы / зеленые семена	Красные цветы / зеленые семена	Белые цветы / желтые семена
Частота потомков F_1	0,49	0,49	0,01	0,01

Родители	Высокое растение/желтые семена ($LISs$) : самоопыление			
Фенотипы F_1	Высокое растение / желтые семена	Высокое растение / зеленые семена	Низкое растение / желтые семена	Низкое растение / зеленые семена
Частота потомков F_1	0,51	0,24	0,24	0,01

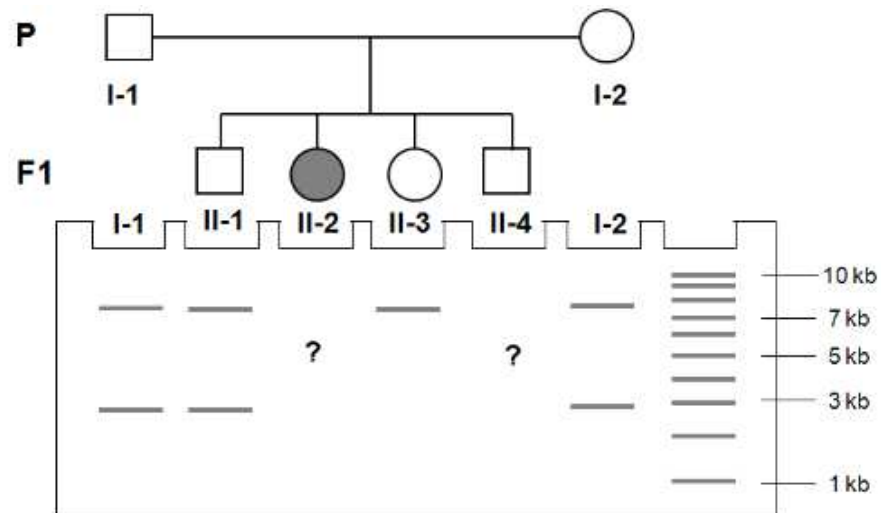
В34-1. (0,9 балла) Укажите знаком ($\checkmark$) в листе ответов, является ли каждое утверждение правильным или неправильным

Утверждение
I. S расположен ближе к L чем к F .
II. Некоторые высокие растения F_1 с зелеными семенами являются результатом кроссинговера
III. Кроссинговер происходит в профазе мейоза I.

В34.2. (0,8 балла) Сколько генотипов можно наблюдать у растений F_1 , имеющих высокий рост и желтые семена?

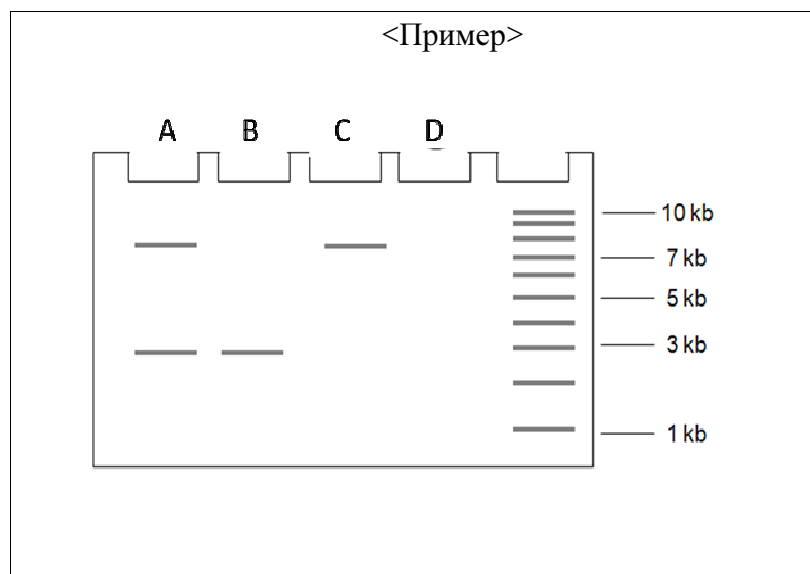
В34-3. (1,3 балла) Рассчитайте расстояние на генетической карте между генами L и S .
(Одна единица карты = расстояние в 1% рекомбинации)

В35. (2 балла) Внизу показано наследование генетического признака PKU (фенилкетонурия), который вызван рецессивной мутацией гена PAH (кодирует фенилаланингидроксилазу). У потомства наблюдается полиморфизм по длине рестрикционных фрагментов (RFLP, Restriction fragment length polymorphism) гена PAH у каждого индивидуума. Индивидуум II-2 болен PKU.



В35-1. (1 балл) Фенотип RFLP индивидуума II-2 не представлен. Из представленных ниже на геле вариантов (A~D), выберите тот, который соответствовал бы индивидууму II-2.

В35-2. (1 балл) Фенотип RFLP индивидуума II-4 не представлен. Из представленных ниже на геле вариантов (A~D), выберите тот, который соответствовал бы индивидууму II-4.



В36. (2 балла) 10^5 клеток тройного мутанта штамма дрожжей (*leu⁻ his⁻ trp⁻*) были посеяны на минимальной среде или на минимальной среде с добавлением различных комбинаций гистидина, лейцина или триптофана. Культуры выращивали при 25°C или 37°C в течение 3 дней. На каждой чашке было подсчитано число колоний и эти результаты представлены в таблице ниже.

Добавки к минимальной среде	Число колоний	
	25°	37°
Без добавок	нет	нет
His, Trp	нет	нет
Leu, His	8	7
Leu, Trp	Колонии слились	11
Leu, His, Trp	Колонии слились	Колонии слились

В36.1. (1 балл) Какой тип мутации наиболее вероятно вызывает фенотип *his⁻* ?

- A. мутация, проявляющаяся только в определенных условиях среды
- B. делеция
- C. точечная мутация
- D. миссенс-мутация
- E. нонсенс-мутация

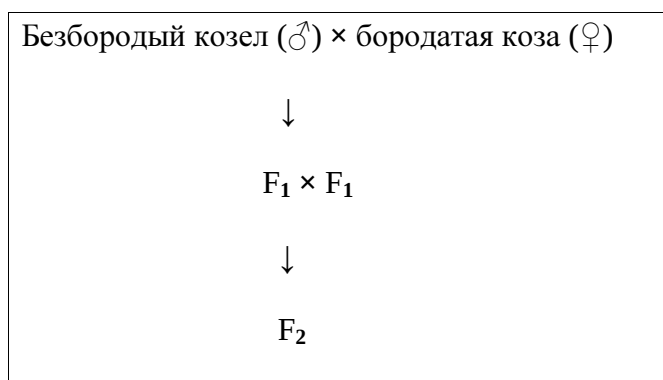
B36.2. (1 балл) Какой тип мутации наиболее вероятно вызывает фенотип *leu⁻* ?

- A. мутация, проявляющаяся только в определенных условиях среды
- B. делеция
- C. точечная мутация
- D. миссенс-мутация
- E. нонсенс-мутация

В37. (2 балла) Группа крови АВО у человека определяется двумя генами (H и I). Во-первых, ген H кодирует предшественник антигена. Доминантный аллель (H) приводит к экспрессии предшественника, а рецессивный аллель (h) не приводит. Во-вторых, ген I имеет три аллельные формы, I^A , I^B и I^O , и определяет группы крови (А, В, О или АВ).

Мужчина с группой крови А и женщина с группой крови В вступают в брак. Каждый из них является гетерозиготой и по гену H , и по гену I . Какова вероятность рождения сына с группой крови О? Представьте ответ в %, округлив его до целого числа.

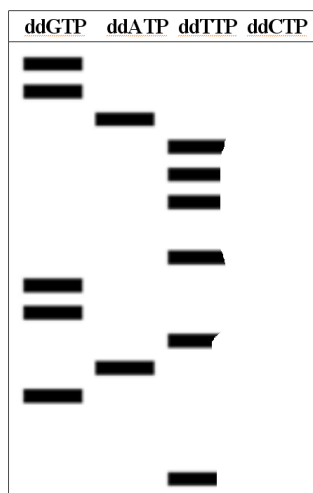
В38. (2 балла) Наличие бороды у некоторых коз определяется геном (бородатый), который имеет два аллеля: безбородости (B^+) и бородатости (B^b). Аллель B^b является доминантным у самцов, но рецессивным у самок. Потомство F_1 от скрещивания безбородого козла с бородатой козой было скрещено между собой для получения поколения F_2 .



Укажите знаком ($\checkmark$) в соответствующей клетке таблицы в листе ответов, являются ли каждое утверждения верным или неверным.

Утверждение
А. Козы F_1 бородатые.
В. Половина поколения F_2 бородатая.
С. Одна четвертая часть коз F_2 бородатая.
Д. Ген наличия бороды сцеплен с полом.
Е. Ген бородатости наследуется по законам Менделя.

В39. (3 балла) Вы секвенируете молекулу ДНК длиной 16 bp по методу Сэнгера. Внизу показано разделение фрагментов методом электрофореза высокого разрешения. Вы видите, что дорожка ddCTP была повреждена.



В39.1. (1 балл) Укажите знаком (✓) какие из следующих компонентов должны присутствовать в реакционной смеси, содержащей ddGTP?

Компонент
А. ДНК-полимераза
В. Праймер
С. dATP
Д. dGTP
Е. Матрица ДНК, которую надо секвенировать

B39.2. (1 балл) Как влияет отсутствие 3'-ОН-группы в ddNTPs на синтез ДНК?

- A. Это усиливает разрушение ДНК.
- B. Это препятствует правильному спариванию оснований.
- C. Это дестабилизирует фосфодиэфирные связи.
- D. Это активирует нуклеазы.
- E. Это предотвращает образование фосфодиэфирных связей.

B39.3 (1 балл) . Какая последовательность ДНК является правильной?

- A. 5'-AGGCTACCAGAAATCC-3'
- B. 5'-CCTAAAGACCATCGGA-3'
- C. 5'-GGATTTCTGGTAGCCT-3'
- D. 5'-TCCGATGGTCTTTAGG-3'
- E. 5'-TGATGGTTTTAGG-3'

В40. (2 балла) Дайте ответ на следующие два вопроса, используя таблицу генетического кода, предоставленную ниже.

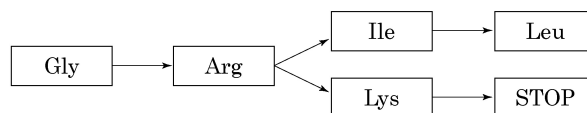
		2nd base in codon					
		U	C	A	G		
1st base in codon	U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp	U C A G	3rd base in codon
	C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gin Gin	Arg Arg Arg Arg	U C A G	
	A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G	
	G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G	

В40.1. (1 балл) Какая из следующих мутаций привела бы к возникновению новой матрицы ДНК, с которой мог бы быть транслирован самый короткий пептид?

	5'-	ATG	GCT	GGC	AAT	CAA	CTA	TAT	TAG	-3'
Матричная нить ДНК	3'-	TAC	CGA	CCG	TTA	GTT	GAT	ATA	ATC	-5'
Номер нуклеотида		1	4	7	10	13	16	19	22	

- A. делеция нуклеотида номер 7
- B. трансверсия G→C в нуклеотиде номер 9
- C. транзиция G→A в нуклеотиде номер 13
- D. инсерция -GGT- после нуклеотида номер 5
- E. трансверсия T→A в нуклеотиде номер 18

B40-2. (1 балл) В бактериальном гене произошла серия точечных мутаций, результатом чего явилось замещение остатков аминокислот в порядке, показанном на схеме ниже.



Какая аминокислота на схеме может иметь больше одного кодона, что привело к представленной выше картине в результате точечных мутаций?

- A. Gly
- B. Arg
- C. Ile
- D. Leu
- E. Lys

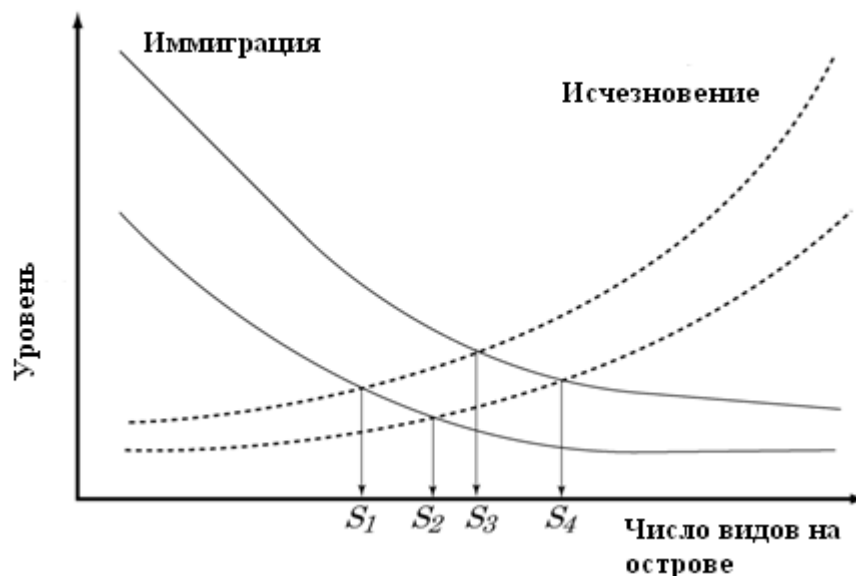
B41. (2 балла) Предположим, что вы наблюдаете популяцию малого мучного хрущака, состоящую из 1000 особей. Обычно жуки красного цвета, однако эта популяция полиморфна по аутосомной мутации окраски тела, приводящей к черному цвету, которая обозначается b/b . Красный цвет доминирует над черным, таким образом, особи с генотипами B/B и B/b красного цвета. Допустим, что на популяцию распространяется закон Харди-Вайнберга, причем частоты $f(B) = p = 0,5$ и $f(b) = q = 0,5$.

B41.1. (1 балл) Какова ожидаемая частоты аллелей B и b , соответственно, если 1000 черных особей мигрирует в популяцию? (Допустим, что все другие условия закона Харди-Вайнберга выполняются.)

B41.2. (1 балл) Какой будет частота аллелей B и b , соответственно, если произойдет критическое событие (эффект бутылочного горлышка) в популяции и выживут только четыре особи: одна красная гетерозиготная самка и три черных самца?

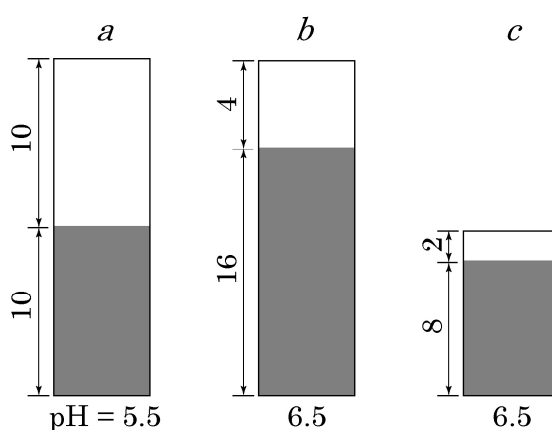
ЭКОЛОГИЯ

В42. (2 балла) Теория биогеографии островов утверждает, что число видов на острове определяется скоростью вселения (иммиграции) на остров новых видов и скоростью исчезновения видов на острове. Скорость иммиграции на остров снижается по мере удаления от материка, а скорость исчезновения снижается с увеличением размера острова. Если скорости вселения и исчезновения на острове равны, число видов на острове достигает равновесия.



Укажите правильное число видов в состоянии равновесия ($S_1 \sim S_4$) для каждого из четырех островов с различными комбинациями расстояния от материка (близко и далеко) и площади (маленький и большой), как показано на рисунке выше.

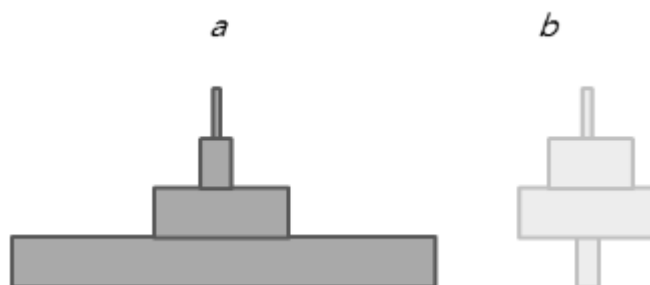
B43. У трех видов почвы (*a*, *b*, и *c*) были исследованы значение pH и содержание кислых катионов (H^+ , Al^{3+}) и других катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). На рисунке ниже показаны результаты этого исследования: белая часть каждого столбца показывает уровень кислых катионов, а заштрихованная часть показывает уровень других катионов. (Величины даны в единицах сантимоль/кг.)



Отметьте знаком ($\checkmark$), является ли каждое описание правильным или неправильным.

Описание
I. Токсичность алюминия в почве <i>a</i> более сильная.
II. Почва <i>b</i> содержит большинство минеральных веществ, которые может использовать растение.
III. Такие анионы как NO_3^- и PO_4^- имеют тенденцию лучше удерживаться в почве, чем катионы
IV. . Чем больше H^+ замещает другие катионы, тем более кислой становится почва

В44. (2,2 балла) Рисунок ниже показывает пирамиды биомасс двух экосистем, каждая из которых состоит из четырех трофических уровней.



В44.1. (1,2 балла) Какие из следующих объяснений являются правильными или неправильными? Поставьте знак (✓) в лист ответов.

Объяснение
I. Пирамида <i>a</i> отражает потери энергии из-за дыхания внутри трофических уровней и потери энергии при переносе энергии между трофическими уровнями
II. Пирамида <i>b</i> представляет экосистему с быстрым оборотом на уровне первичных продуцентов.
III. Для каждой экосистемы ее пирамида энергий обратна пирамиде биомасс
IV. Для двух экосистем, эффективность продукции становится выше с возрастанием трофического уровня.

В44.2. (1 балл) Считая, что экологическая эффективность между трофическими уровнями равна 10% , какая чистая (нетто) первичная продуктивность потребуется для ежегодного сбора 2 г углерода C/m^2 с третьего уровня консументов?

B45. (2,8 баллов) Недавнее глобальное потепление характеризуется возрастанием уровня в атмосфере различных газов и аэрозолей (маленьких частиц, находящихся в воздухе), многие из которых возникли в результате деятельности человека.

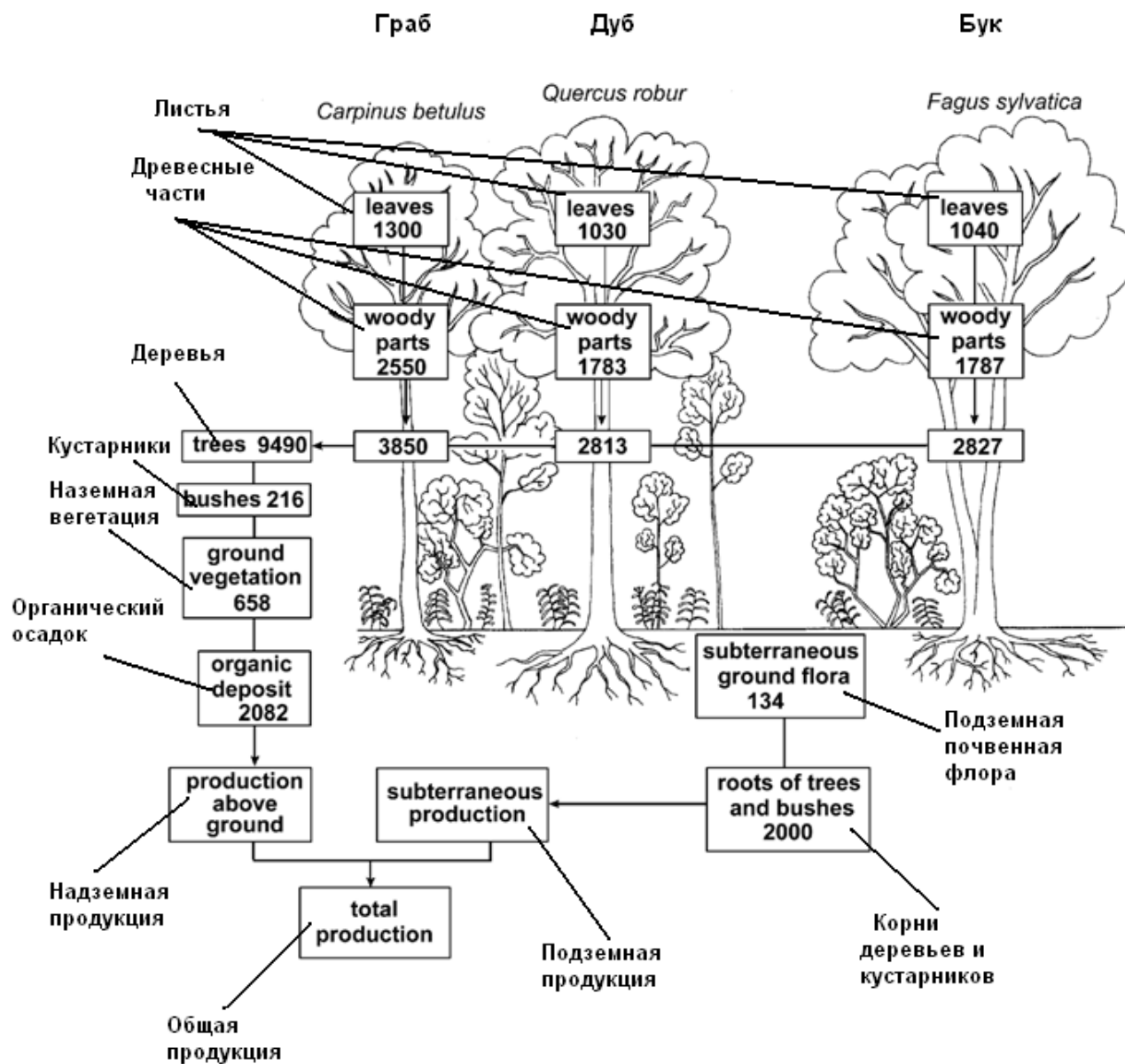
B45.1. (0,8 баллов) Оцените, являются ли следующие утверждения относительно роли этих атмосферных газов и аэрозолей в установлении глобальной температуры верными или неверными?

I. Эти газы рассеивают коротковолновую радиацию, излучаемую солнцем
II. Эти газы поглощают и переизлучают инфракрасную радиацию, излучаемую с поверхности Земли
III. Аэрозоли препятствуют конвекции тепла в космическое пространство
IV. Солнечная радиация недавно возросла сама по себе независимо от присутствия газов или аэрозолей

B45.2. (2 балла) Выберите из следующего списка газов тот, который наиболее вероятно связан со следующими утверждениями.

<Перечень газов>		
a. Гидрофторуглероды (CFC)	b. CH ₄	c. CO ₂
d. N ₂	e. O ₃	f. N ₂ O
Утверждение		
I. Газ происходит главным образом из горючих ископаемых и вырубки леса, что вносит наибольший вклад во всеобщее потепление		
II. Это газ с наиболее высоким потенциалом глобального потепления (по сравнению с CO ₂)		
III. Газ, наличие которого в стратосфере необходимо для поддержания жизни на земле, тогда как в стратосфере он оказывает вредный эффект на человека.		
IV. Газ, который, как считается, не вносит вклад в глобальное потепление.		
V. Газ, образующийся из мусорных свалок и животноводства, количество которого стремительно возросло в последние 200 лет.		

В46. (2 балла) На рисунке схематически показана продукция трех хорошо известных деревьев лиственного леса. Продукция выражена в кг сухой массы на гектар за год.



Вычислите, какая часть общей продукции образуется надпочвенными древесными частями.

Ответ представьте в виде процентов (%), округлив число до целого.

БИОСИСТЕМАТИКА

В47 (2 балла) На рисунках *a* и *b* изображены кактус из пустыни в Америке и молочай из африканской пустыни, соответственно. Был предложен эволюционный механизм, объясняющий морфологическое сходство между этими неродственными видами. Было показано, что тот же эволюционный механизм действует на уровне последовательности ДНК.

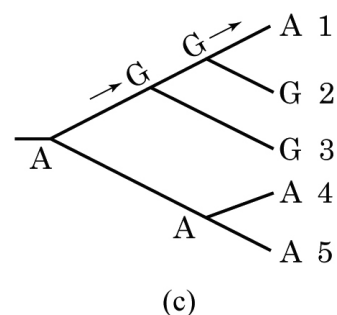
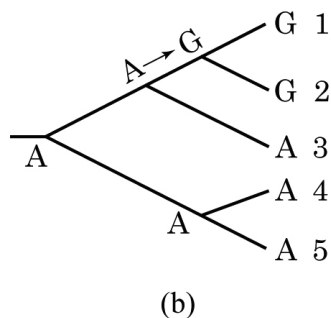
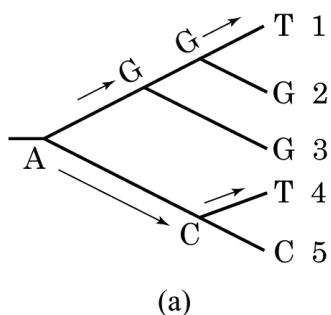
а. Кактус



б. Молочай



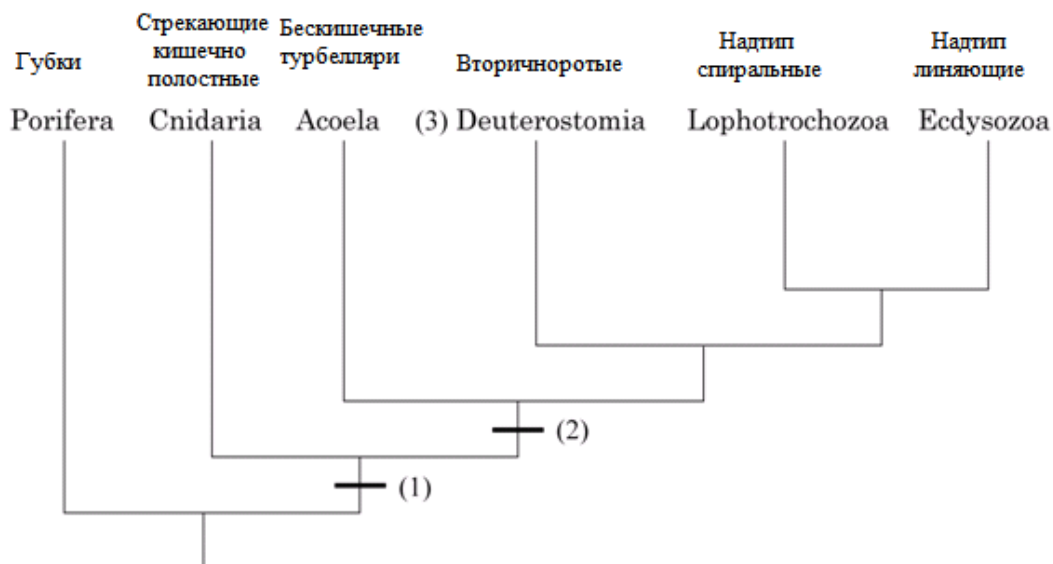
с. Модель молекулярной эволюционная



Какое из представленных на Рисунке с эволюционных древ является наилучшей молекулярной моделью морфологического эволюционного механизма, наблюдаемого у кактуса и молочая? Буквы А, С, G и Т на молекулярном эволюционном древе обозначают основания ДНК.

- A. Древо (a), пара 1 и 4
- B. Древо (b), пара 1 и 2
- C. Древо (c), пара 1 и 5
- D. Древо (c), пара 2 и 3

В48. (2 балла) На следующем рисунке представлено новейшее филогенетическое древо царства животных. Рассмотрите внимательно строение древа и дайте ответ на следующие вопросы.



В48.1. (1 балл) Какие синапоморфные признаки наиболее подходят номерам (1) и (2), соответственно? Внесите знак (✓) в соответствующую клетку.

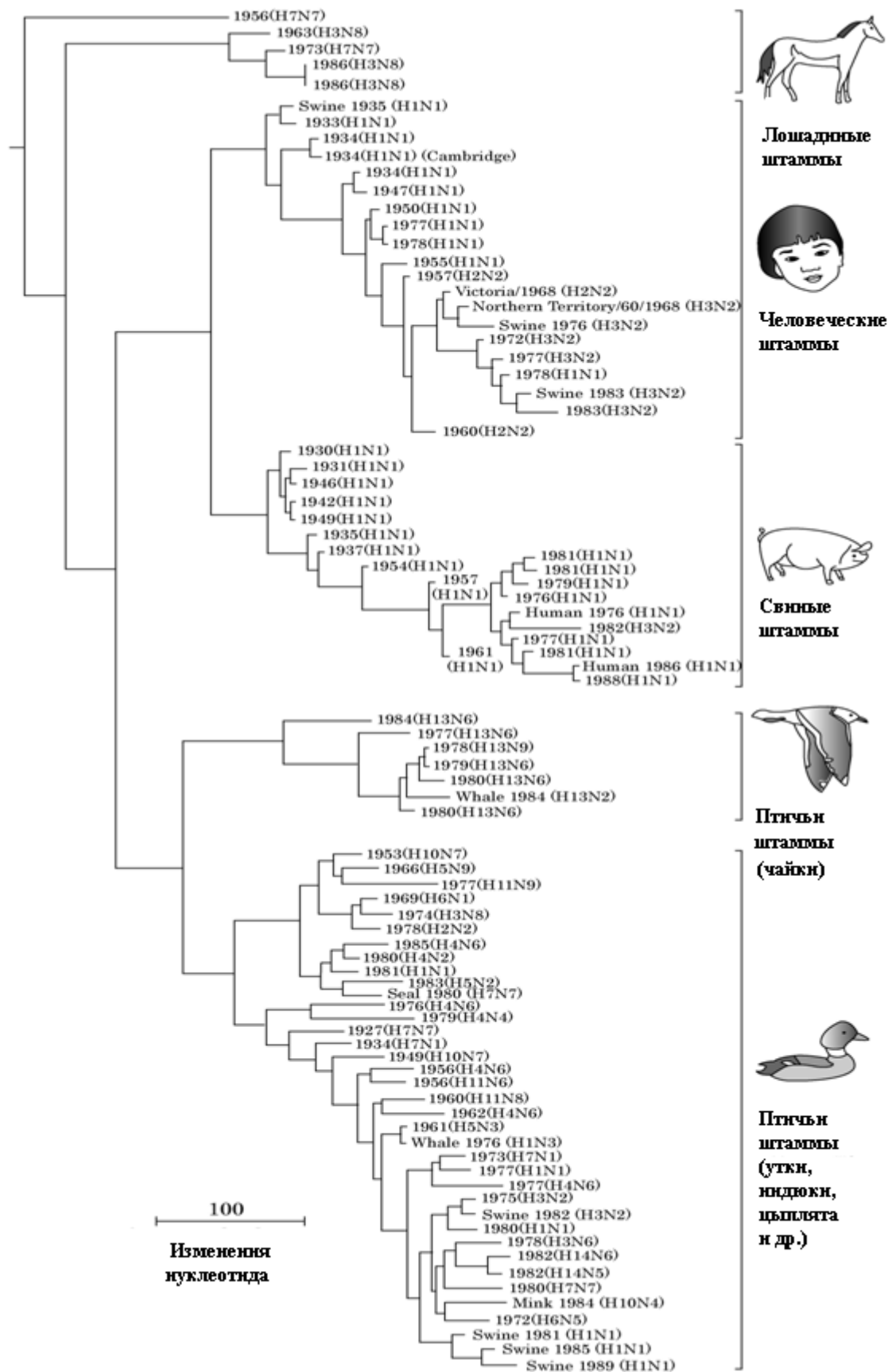
- A. Сегментированное тело
- B. Настоящая дифференциация тканей
- C. Эмбриогенез
- D. Билатеральная симметрия
- E. Развитие экзоскелета

B48.2. (1 балл) Какие из следующих групп относятся к Вторичноротым (таксон номер 3)?

- A. Echinodermata, Arthropoda
- B. Echinodermata, Chordata
- C. Mollusca, Arthropoda
- D. Annelida, Mollusca
- E. Chordata, Mollusca

B49. (2 балла) Вирус гриппа А ежегодно вызывает эпидемии гриппа и иногда пандемии этого заболевания. Геном вируса гриппа А состоит из восьми цепей РНК, кодирующих в общей сложности 11 белков. Штаммы вируса гриппа А могут быть классифицированы на основании комбинации двух белков оболочки, гемагглютинаина (Н1~Н13) и нейраминидазы (N1~N9). Так, существуют различные типы вируса гриппа, например Н1N1, Н3N1, Н7N2, и т.д. Штаммы вируса гриппа также могут быть классифицированы по животному-хозяину. На рисунке ниже показано филогенетическое древо вируса гриппа, построенное на основании нуклеопротеинов его генома. Для каждого штамма вируса показан хозяин, из которого он был изолирован, год и тип гемагглютинаина и нейраминидазы, которые он несет. Отметьте знаком (✓), являются ли приведенные ниже утверждения правильными или неправильными?

I.	Вирус птичьего гриппа состоит из наиболее отличающихся типов и некоторые типы птичьего гриппа были найдены у некоторых видов млекопитающих, таких как киты и дельфины. Поэтому вирус птичьего гриппа представляет собой наиболее старый тип вируса
II.	Филогенетическое древо предполагает, что смена хозяина и последующая генетическая рекомбинация вируса гриппа произошли между птицами и свиньями
III.	Вирулентность вируса может быстро меняться при смене хозяина и путем мутаций, поэтому разработка вакцин является относительно более сложной, чем в случае других распространенных заболеваний
IV.	Штаммы вируса свиного гриппа филогенетически более тесно связаны со штаммами вируса гриппа человека, чем с другими штаммами



B50. (1,5 балла) В следующей таблице обобщены главные признаки четырех основных типов семенных растений. Укажите знаком (✓) в листе ответов, отсутствует (-) или присутствует (+) каждый признак у A~E.

Признак Семейство	Спермий, имеющий жгутик	Двойное оплодо- творение	Наличие сосудов в ксилеме	Цветы и плоды	Развитие вторичной ксилеммы
Cycadophyta	+	B	-	-	-
Ginkgophyta	A	-	-	-	E
Pinophyta	-	-	-	D	+
Magnoliophyta	-	+	C	+	+

B51. (2,4 балла) Все организмы используют для жизнедеятельности и функционирования углерод и энергию. В зависимости от главного потребляемого источника углерода и энергии все организмы могут быть разделены на четыре группы.

B51.1. (1,2 балла) Выбрав из перечня способов питания, впишите в лист ответов правильные обозначения, соответствующие каждой комбинации источника углерода и энергии.

<Способ питания>

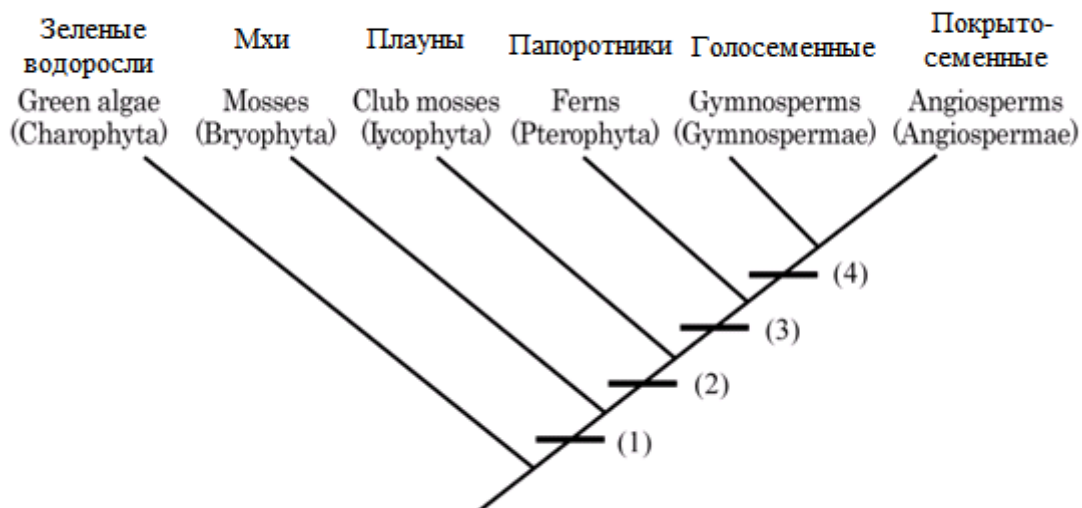
I. Фотоавтотрофный.	II. Хемоавтотрофный
III. Фотогетеротрофный	IV. Хемогетеротрофный

B51.2.(1,2 балла) Выберите из предоставленного перечня по **два** организма, для которых характерен каждый тип питания.

<Организмы>

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| a. Цианобактерии | b. Зеленые несерные бактерии |
| c. Пурпурные несерные бактерии | d. Грибы |
| e. Большинство архебактерий | f. Большинство растений |
| g. Животные | h. Нитрифицирующие бактерии |

B52. (2 балла) Следующий рисунок показывает современный филогенез растительного царства.



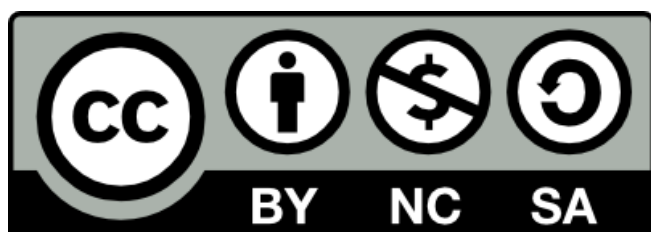
Выберите для каждого номера (1)~(4) подходящий апоморфный признак из предложенного списка.

< Апоморфные признаки >

- А. Листья с хорошо развитым сосудистыми пучками
- В. Зародыши
- С. Семена
- Д. Сосудистые ткани
- Е. Фрагмопласт.



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.

Student Code: _____



The 21st INTERNATIONAL BIOLOGY OLYMPIAD

Changwon, KOREA

11th – 18th July, 2010

THEORETICAL TEST: PART B

Time available: 150 minutes

GENERAL INSTRUCTIONS

1. Open the envelope after the start bell rings.
2. A set of questions and an answer sheet are in the envelope.
3. Write your 4-digit student code in every student code box.
4. The questions in Part B may have more than one correct answer. Fill the **Answer Sheet** with checkmarks (✓), numbers, or characters to answer each question.
5. Use pencils and erasers. You can use a ruler and a calculator provided.
6. Some of the questions may be crossed-out. DO NOT answer these questions.
7. Stop answering and put down your pencil IMMEDIATELY after the end bell rings.
8. At the end of the test session you should leave all papers at your table. It is not allowed to take anything out.

Country: _____

Student Code: _____

The 21st INTERNATIONAL BIOLOGY OLYMPIAD

Changwon, KOREA

11th – 18th July, 2010



THEORETICAL TEST: PART B

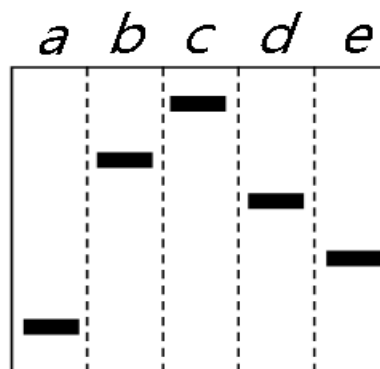
Time available: 150 minutes

GENERAL INSTRUCTIONS

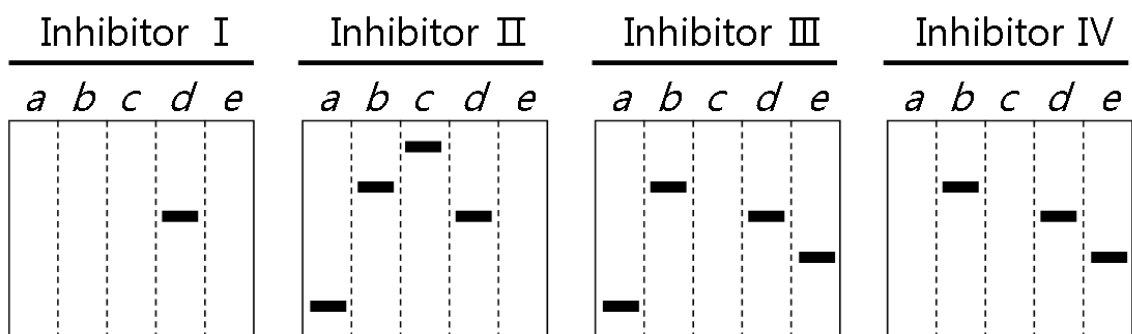
1. Write your 4-digit student code in every student code box.
2. The questions in Part B may have more than one correct answer. Fill the **Answer Sheet** with checkmarks (✓), numbers, or characters to answer each question.
3. Use pencils and erasers. You can use a scale and a calculator provided.
4. Some of the questions may be crossed-out. **Do not** answer these questions.
5. The maximal point of Part B is 107.1.
6. Stop answering and put down your pencil **immediately** after the end bell rings.
7. At the end of the test session you should leave all papers at your table. It is not allowed to take anything out.

CELL BIOLOGY

B1. (2.7 points) The Western blot below shows migration distances of five signal molecules (*a~e*) involved in a growth hormone-regulated cell-signaling pathway.



To determine the order of molecules (*a~e*) in the signal cascade that occurs upon the growth hormone treatment, cells were treated with different inhibitors (I~IV) of cell signaling. The following blots show the changes in signal molecule expression patterns resulting from inhibitor treatment.



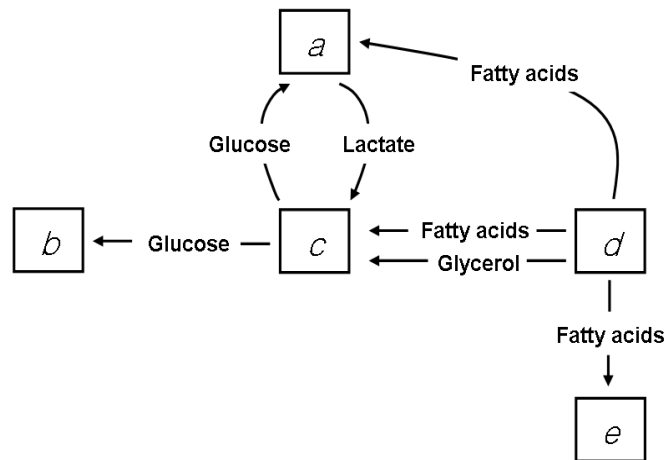
B1.1. (1.5 points) Fill in the boxes in the answer sheet to show the order of proteins (*a~e*) in the signaling cascade.

B1.2. (1.2 points) Fill in the circles in the answer sheet to show the site where each inhibitor (I~IV) exerts its action.

B2. (2.7 points) Match the molecular constituents (*a~f*) on the right with the cellular structures (*A~D*) that maintain cell morphology on the left. Each cellular structure can have more than one molecular constituent.

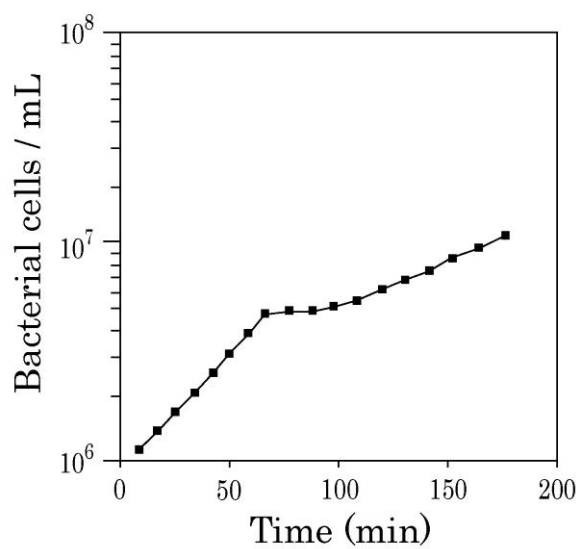
A. Cytoskeleton	<i>a.</i> Cadherin
B. Cell wall	<i>b.</i> Cellulose
C. Desmosome junction	<i>c.</i> Collagen
D. Extracellular matrix	<i>d.</i> Actin
	<i>e.</i> Keratin
	<i>f.</i> Lignin

B3. (1.5 points) In the figure, the letter in each box represents an organ or tissue.

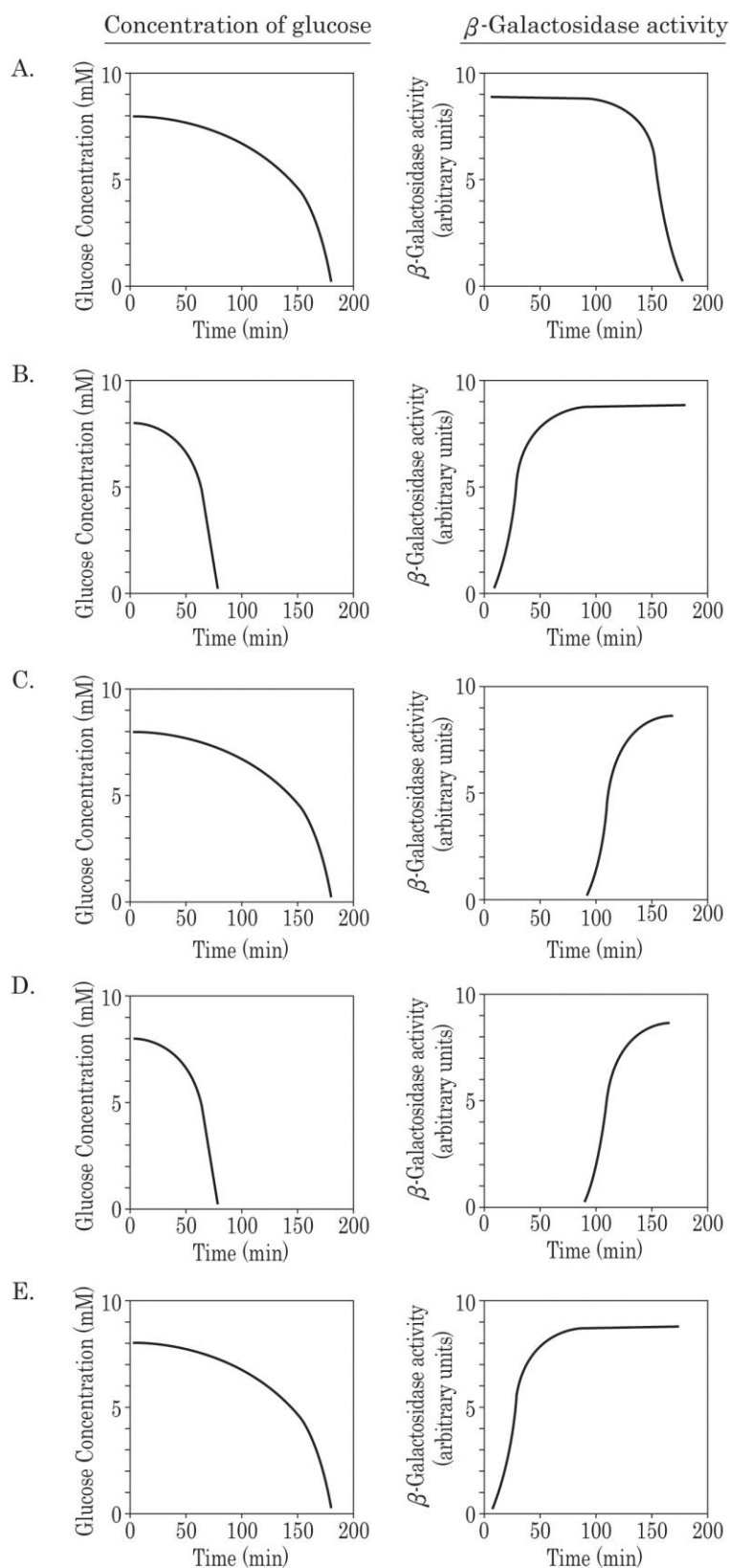


Match each listed organ or tissue in the answer sheet to the correct box in the figure.

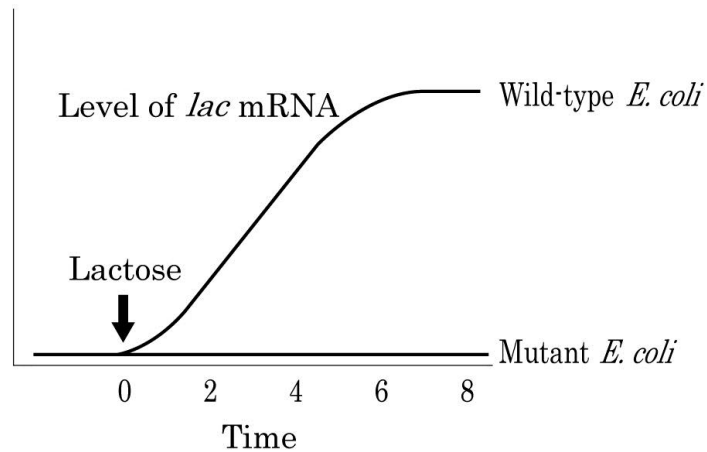
B4. (2.2 points) When *E. coli* is grown on a medium containing a mixture of glucose and lactose, it shows complex growth kinetics, as shown in the graph below.



B4.1. (1 point) Which pair of graphs correctly shows the changes in glucose concentrations in the medium and β -galactosidase activity within the cells?



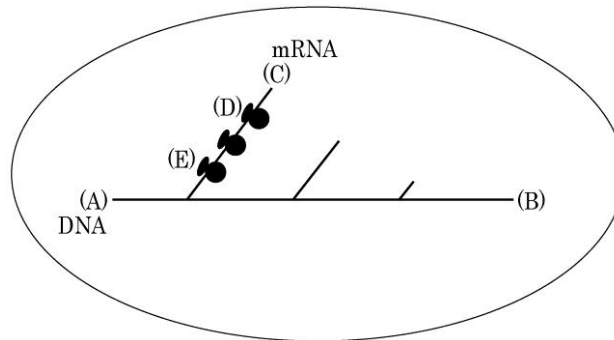
B4.2. (1.2 points) The graph below shows the expression pattern of *lac* mRNA in wild-type and mutant *E. coli* cells after lactose is added to a glucose-depleted medium.



Indicate with a checkmark (✓) in the answer sheet whether each mutant is able or unable to show the mutant expression pattern.

Mutant
I. An <i>E. coli</i> mutant in which the repressor is not expressed.
II. An <i>E. coli</i> mutant in which the repressor can bind to the operator, but not to lactose.
III. An <i>E. coli</i> mutant in which the operator is mutated so that the repressor cannot bind to the operator.
IV. An <i>E. coli</i> mutant in which RNA polymerase cannot bind to the promoter of the <i>lac</i> operon.

B5. (1.5 points) Transcription and translation of a gene in a prokaryote cell are depicted in the picture below.



Indicate with a checkmark (✓) in the answer sheet whether each description is true or false.

Description
I. The direction of transcription is from (B) to (A).
II. Location (C) of the mRNA is the 5' - end.
III. The polypeptide on ribosome (D) is longer than the polypeptide on ribosome (E).

B6. (2 points) A part of the nucleotide sequence of one strand of a double-stranded DNA molecule and the corresponding amino acid sequence are shown. The table shows a portion of the genetic code.

Codon position		a	b	c	d
DNA strand	5'.....	TTT	AAG	TTA	AGC3'
Polypeptide		Phe	Lys	Leu	Ser

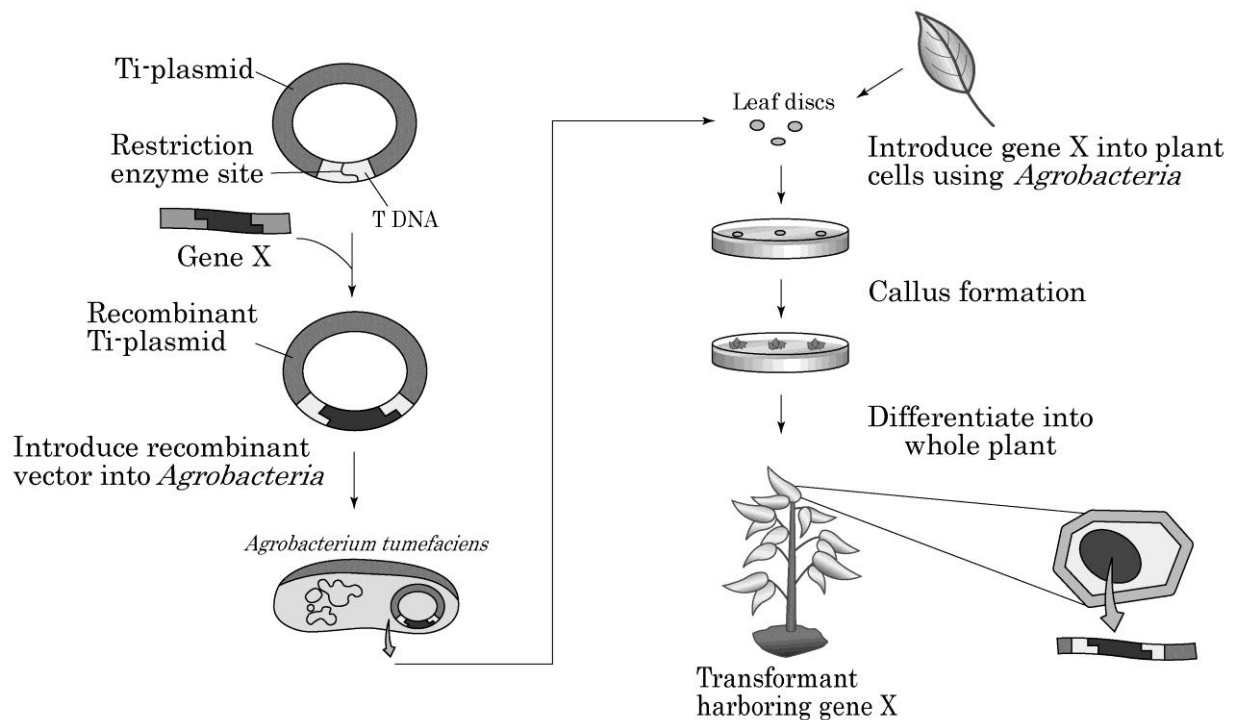
Codon	Amino acid
UUU	Phe
UUA	Leu
AAG	Lys
AGC	Ser

Indicate with a checkmark (✓) in the answer sheet whether each description is true or false.

(Assume that the length of the DNA is the same as that of its primary transcript.)

Description
I. The DNA strand shown is a template strand.
II. If the G+C content of the DNA strand shown is 40%, then the A+T content of its complementary DNA strand is 60%.
III. If the G+C content of the DNA strand shown is 40%, then the A+U content of the primary transcript is 60%.
IV. The nucleotide sequence of mRNA is 5' UUU AAG UUA AGC 3'.

B7. (2 points) The picture below shows the process of generating a transgenic plant harboring gene X using the *Agrobacterium* Ti-plasmid.



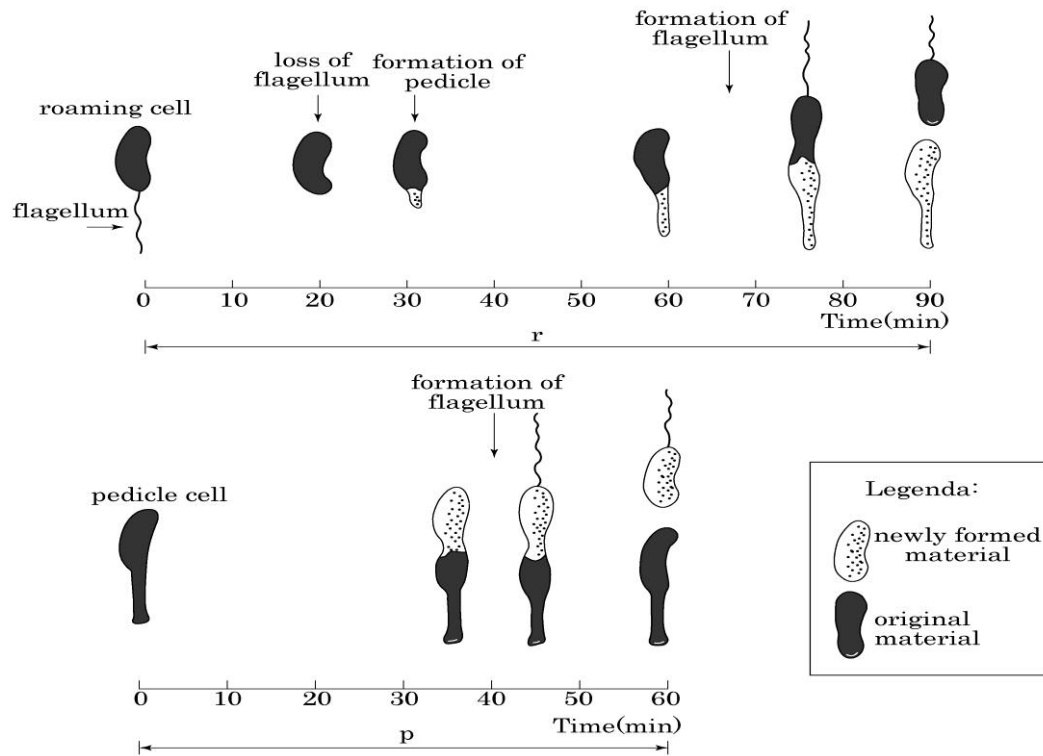
B7.1. (1 point) Which explanation about this process is true or false?

Explanation	
I.	Restriction enzymes and ligase are used to make the recombinant DNA.
II.	Plant tissue culture techniques are used to differentiate the leaf discs into a plant.
III.	The whole recombinant Ti-plasmid harboring gene X gets integrated into the plant genome.
IV.	The introduction of gene X into the transgenic plant genome can be confirmed by using genomic PCR or genomic Southern blot analysis.
V.	The expression of the introduced gene X in the plant cell can be checked by using RT(reverse transcriptase)-PCR, Northern blot analysis, or Western blot analysis.

B7.2. (1 point) Evaluate whether the following description is true or false for a plant expression vector in general?

Description	
I.	It should include the selection marker gene that is needed for selecting the transformed cell.
II.	It should include a promoter that can express the introduced gene within the plant cell.
III.	It usually contains a multiple cloning site used for insertion of the foreign gene.
IV.	It should have the same nucleotide sequence with the specific part of the plant genome because the foreign gene is inserted by homologous recombination.
V.	It should have the replication origin needed for cloning during the process of making the recombinant vector.

B8. (1.5 points) *Caulobacter* bacteria undergo a special cell division. Division of the mother cell results in two different daughter cells: a ‘roaming’ (r) cell and a ‘pedicle’ (p) cell. Roaming cells permit *Caulobacter* to spread out. Pedicle cells stay and use the pedicle to stick at that place. The picture below shows how roaming and pedicle cells divide.

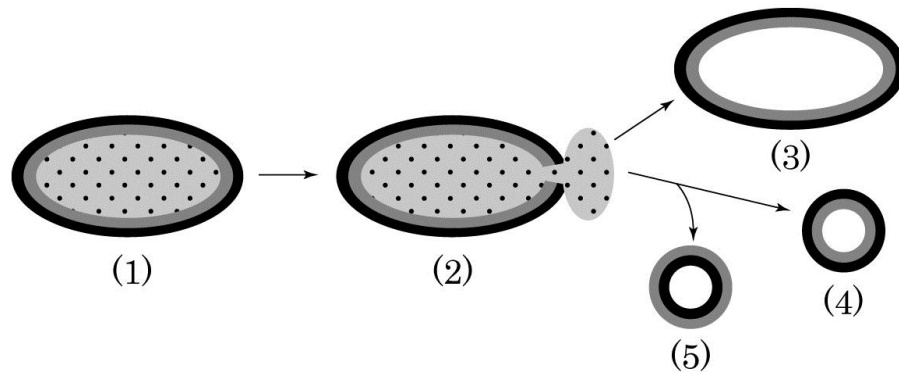


The division cycle period when starting with a roaming cell ($r = 90$ min) is longer than when starting with a pedicle cell ($p = 60$ min). The extended length of period (r) is because the roaming cell

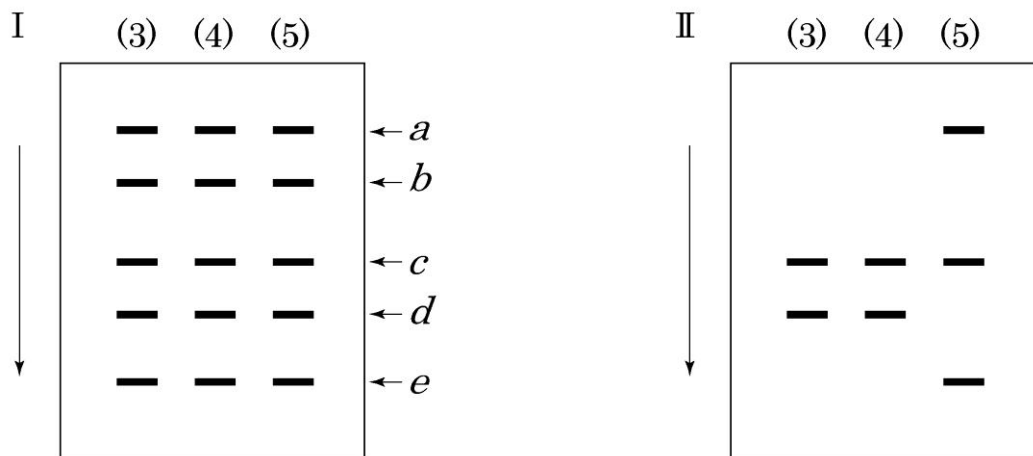
- A. produces more DNA than the pedicle cell.
- B. produces a pedicle before division.
- C. produces a flagellum during division.

For each of the above explanations, indicate with a checkmark (✓) on the answer sheet whether it is true or false.

B9. (2 points) In the experiment described below, cells (1) were put in a medium with a salt concentration lower than the cytoplasm, causing them to swell and rupture at one location (2). Ruptured cells were then washed out and resealed to form 'ghosts' (3). This process also produced smaller vesicles whose membrane was either right-side-out (4) or inside-out (5), depending on the ionic conditions of the solution used for the disruption procedure.



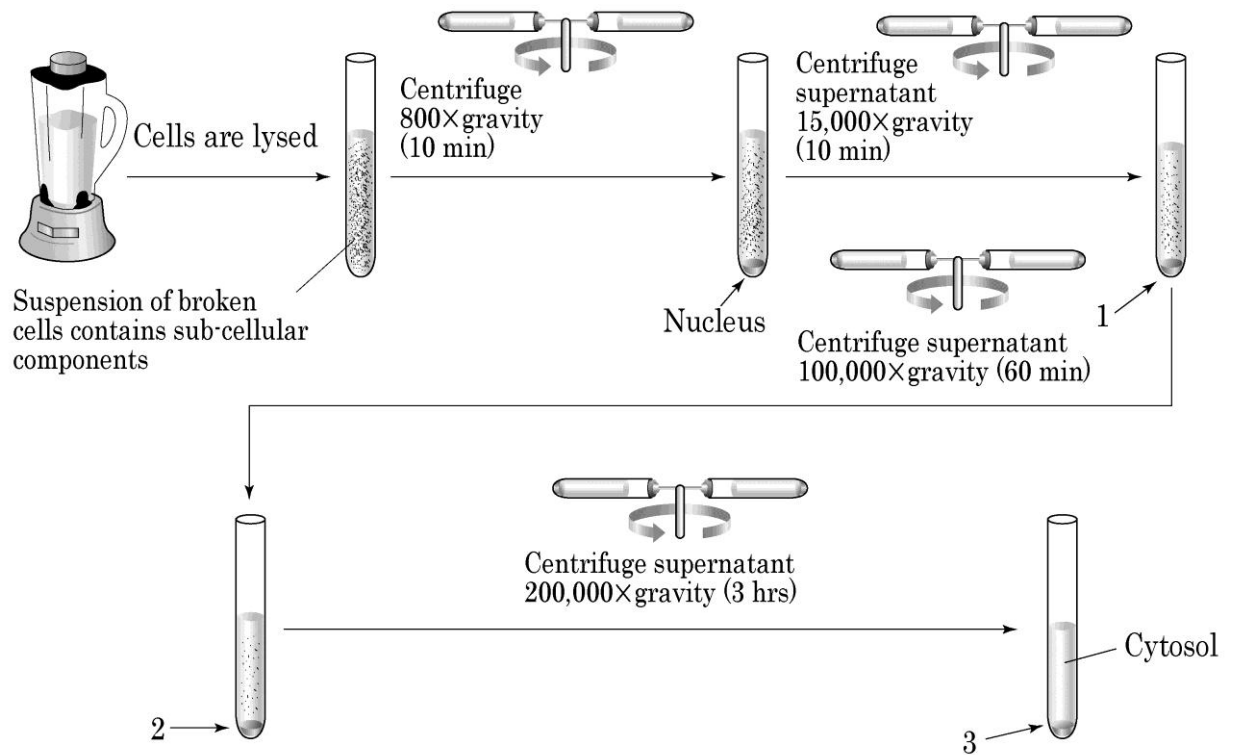
Prepared ghosts/vesicles were then mixed with a radioactive labeling reagent that is water-soluble and could covalently attach to proteins (3~5). The proteins embedded in the membrane were then solubilized with detergent and analyzed by SDS polyacrylamide-gel electrophoresis. Segregated proteins were visualized by Coomassie Blue staining (I) and autoradiography (II).



Which of the proteins ($a\sim e$) is/are transmembrane protein(s)?

- A. Protein b
- B. Protein c
- C. Protein d
- D. Proteins $a\sim e$
- E. Protein a and protein e

B10. (1.5 points) Subcellular organelles and their cellular components can be easily separated by the size-fractionating differential centrifugation method, as depicted below. During the process, four pellets (nucleus and 1~3) are formed.



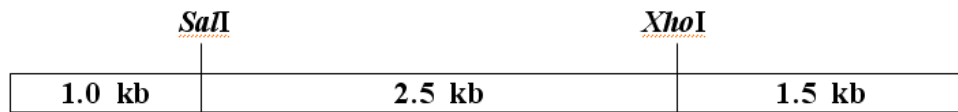
The table below shows descriptions about subcellular organelles collected in different centrifugation pellets.

Pallets	Description
Nucleus	An organelle containing a linear DNA harboring telomeric sequences.
Pellet 1	An organelle inheriting its genetic information by maternal inheritance.
Pellet 2	An organelle performing glycosylation of most proteins.
Pellet 3	An organelle composed of two subunits and synthesizing proteins.

Provided that the subcellular structures are not disrupted during the centrifugation process, determine whether descriptions A, B and C of different subcellular structures in the same pellets are true or false taking above information as a reference. Mark the appropriate box with a checkmark (✓) in the answer sheet.

	Pellet	Description
A	Pellet 1	An organelle containing a bunch of proteases, lipases, and nucleases.
B	Pellet 2	An organelle carrying an enzyme catalyzing the conversion of hydrogen peroxide (H ₂ O ₂) to water and oxygen.
C	Pellet 3	The infected intracellular virus covered with viral coat.

B11. (2 points) The *SalI* and *XhoI* restriction map of a 5 kb linear DNA molecule is shown below.



SalI recognition site

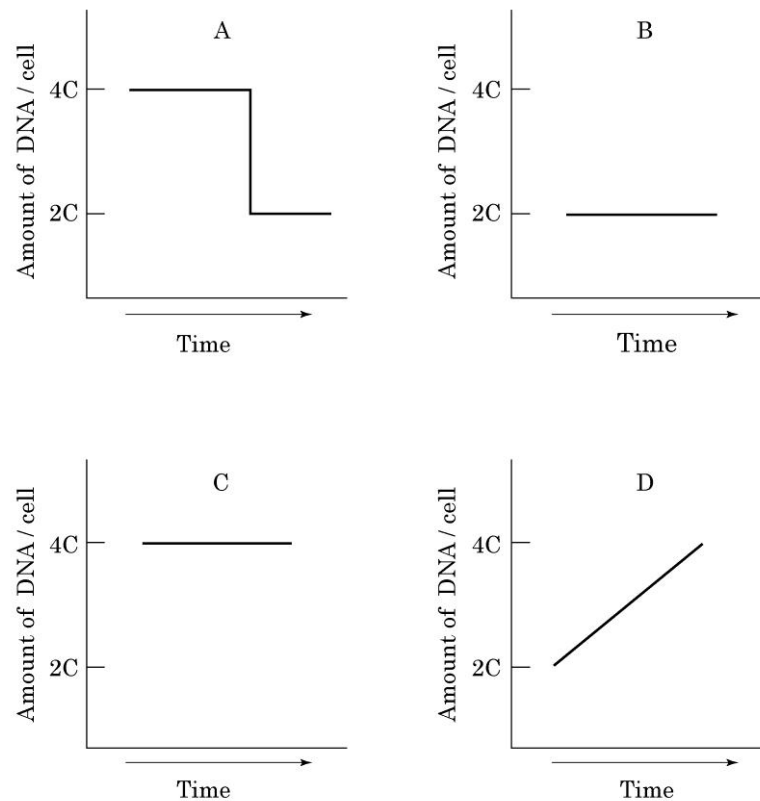


XhoI recognition site



The 3.5 kb DNA fragments obtained from a *XhoI* digestion were ligated with the 1.0 kb DNA fragments obtained from a *SalI* digestion. The resulting 4.5 kb DNA molecules were digested with *SalI*. Write down all the different lengths of DNA fragments you can get from this digestion. (Assume that restriction enzymes completely cut all the DNA molecules, and ignore blunt-end ligation.)

B12. (1.5 points) The following graphs show the quantitative change in DNA content at each of four stages in the cell cycle (G1, S, G2, M).



Select the graph (A~D) representing the stages described in I~III.

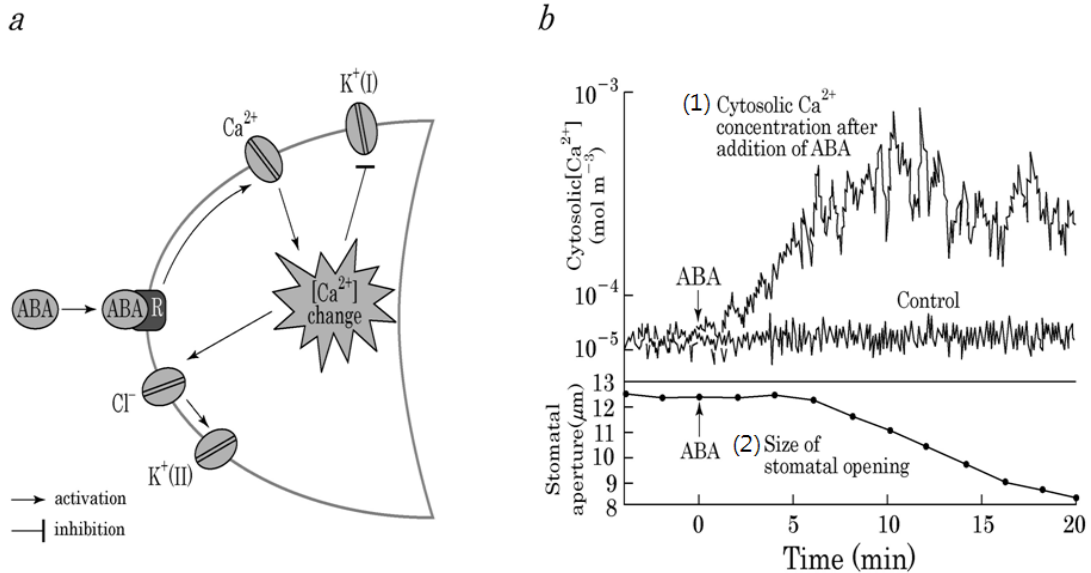
Cellular activity and response
I. Taxol treatment, which prevents microtubule depolymerization, arrests the cell at this stage.
II. With a mitogen treatment, such as an epidermal growth factor, an arrested cell at this stage proceeds to the next stage of the cell cycle.
III. The cell cycle check point at this stage confirms that DNA duplication is complete before the cell proceeds to the next stage.

PLANT ANATOMY AND PHYSIOLOGY

B13. (2 points) A transgenic *Arabidopsis* plant ($2n$) has a total of two copies of a kanamycin-resistant gene in its nuclear genome, one on chromosome 1 and the other on chromosome 3. For each description of this plant, indicate with a checkmark ($\checkmark$) in the answer sheet whether the description is true or false.

Description
I. All pollen grains of this plant have kanamycin-resistant genes.
II. Endosperms formed by self-fertilization of this plant have 0~6 copies of the kanamycin-resistant gene.
III. If seeds from self-fertilization of this plant are germinated, the ratio of kanamycin-resistant to kanamycin-sensitive seedlings is 3 to 1.
IV. A cell containing 4 copies of the kanamycin-resistant gene exists among root cells at prophase of mitosis in this plant.

B14. (1.5 points) Figure *a* shows an ABA signal transduction pathway in a guard cell. Figure *b* shows changes occurring after ABA treatment in (1) the cytoplasmic Ca^{2+} concentrations of guard cell and (2) stomata aperture size.



For each description about ABA action, indicate with a checkmark (✓) in the answer sheet whether the description is true or false.

Description	
I.	With ABA treatment, Ca^{2+} is moved from outside of the guard cell into the cell interior.
II.	With ABA treatment, the concentration of K^{+} is increased in the cytoplasm of guard cells.
III.	The K^{+} channel (I) is outward, and the K^{+} channel (II) is inward.

B15. (3 points) The chloroplast, a plant organelle, originated from ancestors of the cyanobacteria; however, many proteins in the chloroplast are encoded from genes in the nuclear genome.

B15.1. (1.2 points) For each property of chloroplast DNA, indicate a checkmark (✓) in the answer sheet whether the property is similar to that of prokaryote or eukaryote genomic DNA.

Property
I. The DNA is a circular double strand.
II. Introns are found.
III. Component of 70S ribosome is encoded.
IV. Usually, polycistronic mRNA is transcribed.

B15.2. (1.8 points) Protein X, a thylakoid lumen protein, is transcribed in the nucleus and translated in the cytoplasm. Next, the protein is translocated into the stroma of the chloroplast by signal peptide I. In the stroma, signal peptide I is cleaved, and the remaining protein is targeted to the thylakoid lumen by signal peptide II. In the thylakoid lumen, signal peptide II is cleaved, and the remaining polypeptide III is usually observed.

Thylakoid lumen protein X

I	II	III
---	----	-----

Several recombinant vectors of protein X are transformed into the nuclear genome and expressed. For each recombinant vector, fill the blanks in the 2nd column with the cellular location (A~D) where the expressed proteins are mainly observed. Fill the blanks in the 3rd column with the polypeptides (E~H) observed in that location.

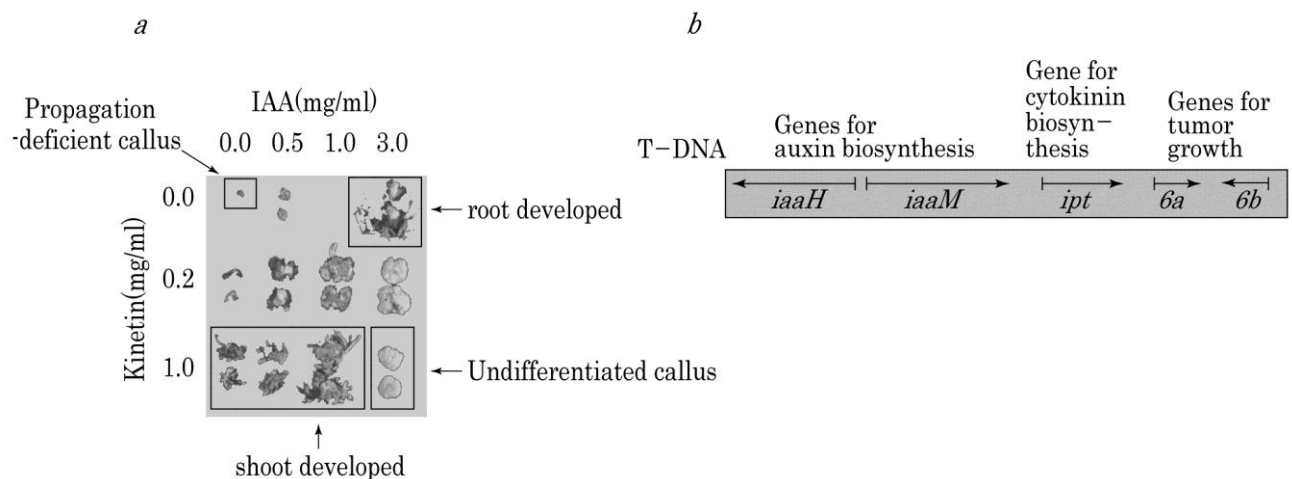
< Cellular location of expressed proteins >

A. Cytoplasm B. Stroma C. Thylakoid membrane D. Thylakoid lumen

< Observed polypeptides >

E. I-II-III F. I-III G. II-III H. III

B16. (1.5 points) Figure *a* shows organogenesis of plant calluses incubated on media containing different concentrations of IAA (an auxin) and kinetin (a cytokinin). In nature, *Agrobacterium*, a soil bacterium, induces crown gall tumors on the roots of legume plants. The bacterium induces these tumors by integrating its T-DNA into the plant genome and by expressing a group of genes necessary for gall formation (Figure *b*).



If an infecting *Agrobacterium* lacks or over-expresses the auxin-biosynthetic genes or cytokinin-biosynthetic genes, determine the most expected callus phenotype (A~D) for mutations (I, II, and III) described in the table below. Indicate with a checkmark (✓) in the appropriate box in the answer sheet.

< Expected callus phenotypes >

A. Shooty callus

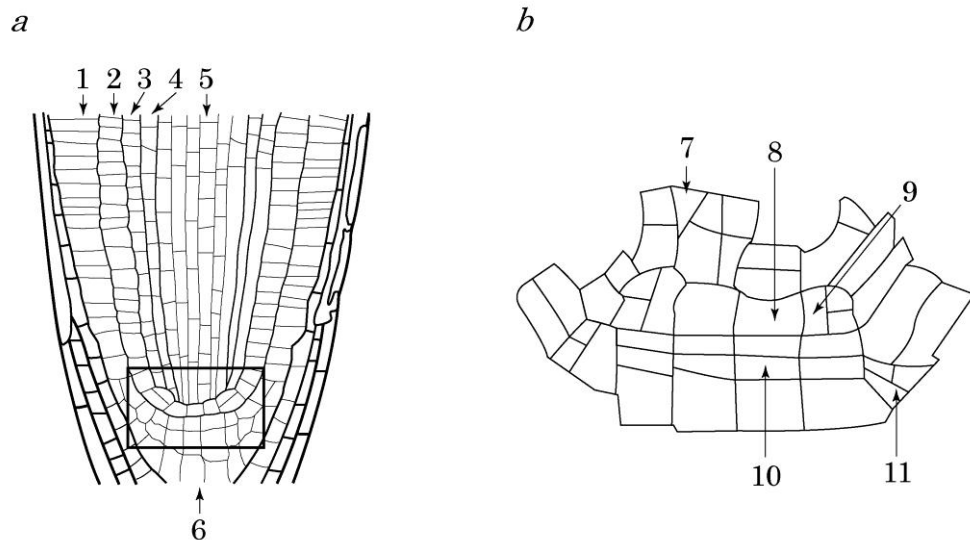
B. Rooty callus

C. Undifferentiated callus

D. Propagation-deficient callus

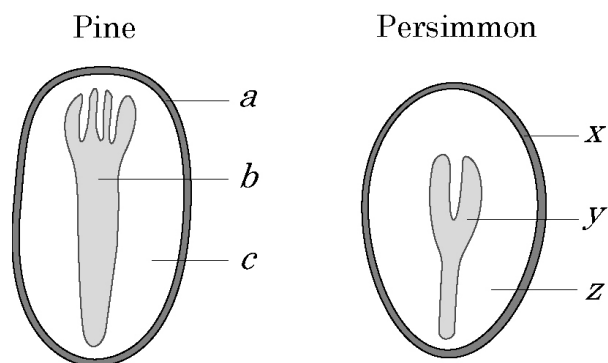
Gene mutation
I. Deletion of <i>iaaH</i> , overexpression of <i>ipt</i> .
II. Overexpression of <i>iaaH</i> , deletion of <i>ipt</i> .
III. Deletion of <i>iaaH</i> and <i>ipt</i> .

B17. (2.4 points) Plant root cell type is determined by the division and differentiation of a particular stem cell (meristematic cell). Figure *a* shows the whole microscopic structure of a longitudinally-sectioned *Arabidopsis* primary root. Figure *b* is an enlarged diagram corresponding to a region of the inset in Figure *a*, showing the arrangement of root primordia (stem cells).



Fill in the table to best match the listed function with the correct root cell type (1~6 in Figure *a*) and with the corresponding initial cell (7~11) in Figure *b*.

B18. (1.5 points) The figures below show the inner structures of pine and persimmon seeds.

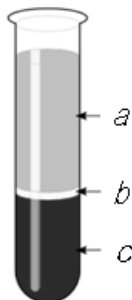


Indicate with a checkmark (✓) whether the following statements are true or false.

I.	Structures <i>a</i> and <i>b</i> are the same in ploidy, but they differ in genetic composition.
II.	Structures <i>a</i> , <i>b</i> , and <i>c</i> consist of two different sporophytic structures and one gametophytic structure.
III.	Structures <i>x</i> and <i>y</i> are the same in both ploidy and genetic composition.
IV.	Structure <i>z</i> is three-times higher in ploidy than structure <i>c</i> .
V.	Structures <i>a</i> and <i>x</i> are both surrounded by the ovary.

ANIMAL ANATOMY AND PHYSIOLOGY

B19. (1.8 points) Human blood can be separated into three parts using a table top centrifuge, as shown in the following figure.

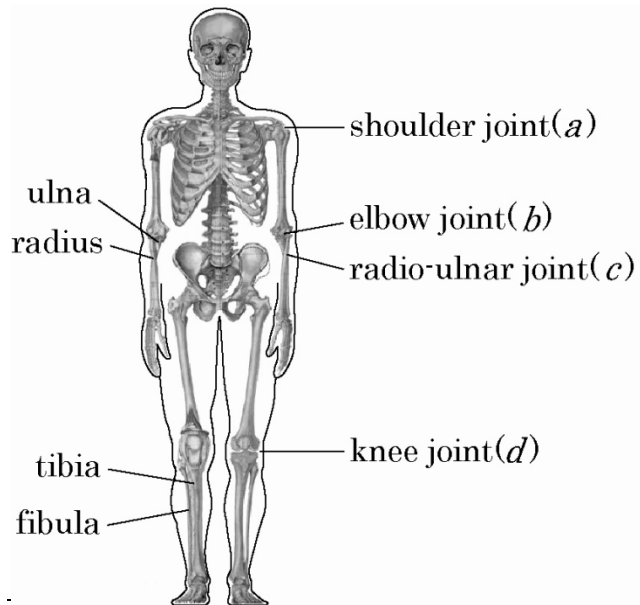


Of these blood parts (*a~c*), select the part that contributes most to the listed functions of blood.

Answer by placing a checkmark (✓) in the appropriate box in the answer sheet.

Function
I. Antibody production.
II. Transport of carbon dioxide.
III. Transport of iron.
IV. Transport of oxygen.
V. Formation of blood clot.
VI. Neutralizing snake venom.

B20. (2.2 points) The picture depicts the adult human skeleton and the table lists different types of joints.



Type of joint	
A	Ball-and-socket joint
B	Hinge joint
C	Pivot joint

B20.1. (1.2 points) Choose the type of each joint by placing a checkmark (✓) in the appropriate box in the answer sheet.

B20.2. (1 point) For each statement concerning the function of joints and bones, indicate with a checkmark (✓) whether the statement is true or false.

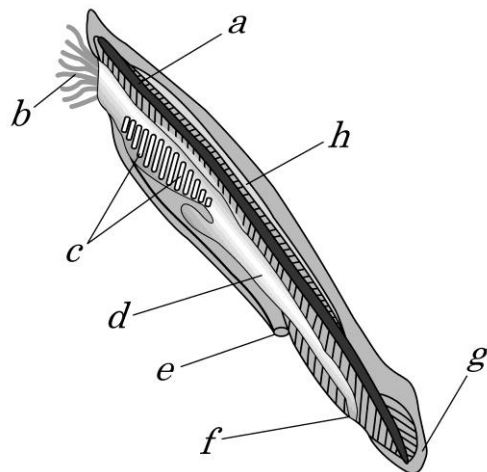
Function
I. The joint between the skull and the first cervical vertebra enables the rotation of the head.
II. The fibula, as well as the tibia, plays an important role in supporting the body weight.

B21. (2.4 points) Chordates are distinguished from other animals by 4 distinctive key morphological characters.

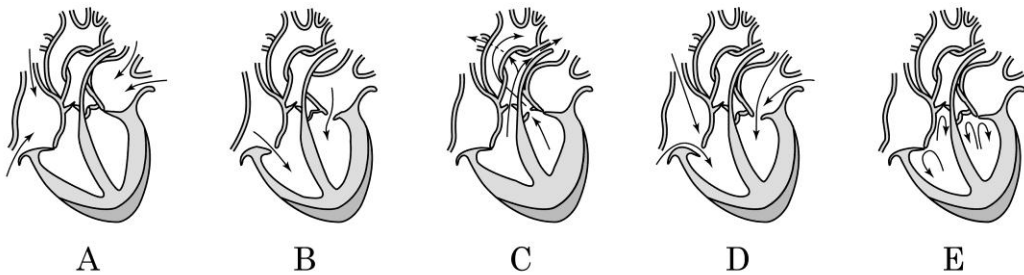
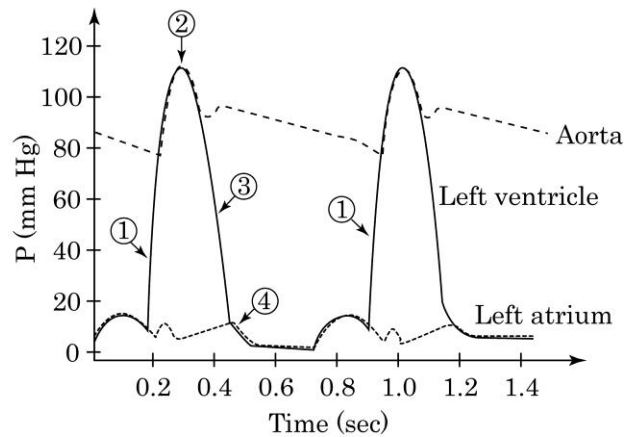
B21.1. (1.2 points) Choose the 4 key morphological characters from the following list and write their numbers in the left-hand column of the table in the answer sheet.

Morphological character			
1. Cirri,	2. Brain,	3. Pharyngeal slits,	4. Gills,
5. Notochord,	6. Intestine,	7. Tubular dorsal nerve cord,	
8. Anus,	9. Tail.		

B21.2. (1.2 points) The morphological characters of a lancelet (*Branchiostoma*) are shown in the illustration below. Find each of the morphological characters that you listed in the table (from **B21.1**) - write the corresponding letter code in the right-hand column of the table in the answer sheet.



B22. (2 points) The graph below depicts the pressure changes in an aorta, left ventricle, and left atrium that occur concurrently during the mammalian cardiac cycle. Below the graph are sketches of the heart illustrating blood flow and valve state (opened/closed).



Match each numbered event in the cardiac cycle graph with the letter of its corresponding heart sketch.

Write the corresponding letter code in the right-hand column of the table in the answer sheet.

B23. (1.5 points) Fig. I shows the relationship between weight and the specific metabolic rate of the indicated animal species, and Fig. II shows the O_2 consumption rate of the indicated species as a function of running speed (on a treadmill machine).

Fig. I

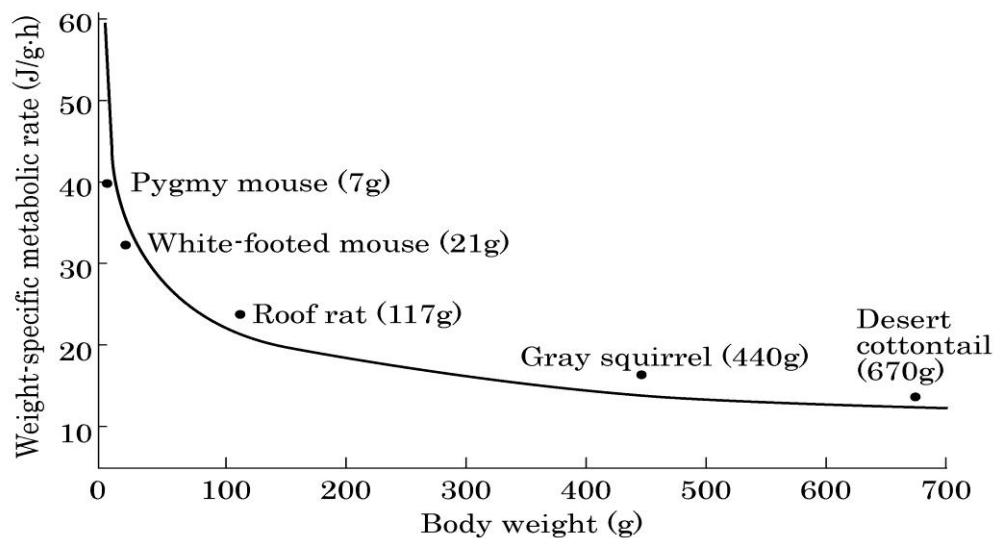
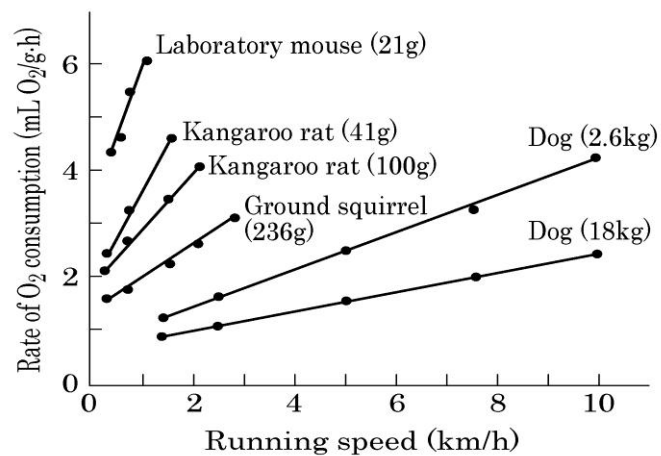


Fig. II



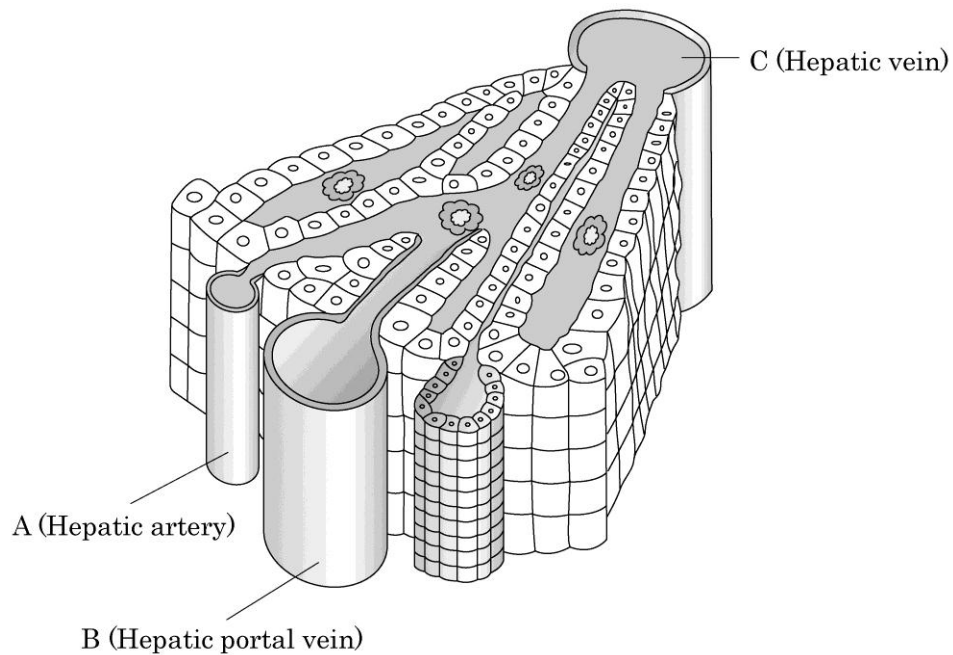
Read each of the following explanations, and indicate with a checkmark (✓) in the answer sheet whether the explanation is true or false.

Explanation
A. At rest, smaller animals consume more energy per weight than the bigger animals consume.
B. Using the same amount of food per body weight, a smaller animal can travel a longer distance than a bigger animal can travel.
C. Using the same amount of food, bigger animals generate more ATP than the smaller ones generate.

B24. (1.8 points) If an astronaut lived on a heavier and larger planet than Earth, he would experience stronger gravitational forces. In that case, what would you expect to happen in this astronaut's body? For each symptom listed below, indicate with a checkmark (✓) whether the symptom is expected or unexpected. (Assume that the composition of the atmosphere of the planet is the same as that of Earth.)

Symptom
A. Increase in blood pressure.
B. Decrease in the respiration rate.
C. Increase in muscle mass.
D. Increase in bone density.
E. Decrease in the number of red blood cell.
F. Increase in oxygen content in the blood.

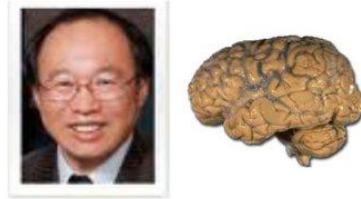
B25. (1.5 points) The following dissection figure shows the blood vessels in liver tissue. The three main blood vessels are indicated by capital letters (A~C).



Following statements describes properties of blood that flows through particular blood vessels. For each description, indicate with a checkmark (✓) in the appropriate box with matching vessel where that blood would be found.

Description
I. Blood with the highest oxygen content.
II. The blood shows the first increase in lipid content after the meal.
III. The blood shows the first increase in glucose content after the meal.

B26. (3 points) A Korean professor, Charlie Shin, was bilingual, such that he is fluent in Korean and English. He was also good at communicating using sign language. Unfortunately, he had a stroke while taking part in discussions at the 2010 IBO International Jury meeting. Dr. Oliver diagnosed that Charlie had damage in his left cerebral cortex which controls some part of his language output area and whole arm areas.



B26.1. (1 point) A novice nurse examined Charlie's language ability. Select a correct diagnosis among below.

- A. Charlie had difficulty in understanding Dr. Oliver's talk.
- B. Charlie had difficulty in understandings of the 2010 IBO theoretical questions written on a paper.
- C. Charlie had a hard time to understand a word "LOVE" written on his back by Dr. YT Kim.
- D. Charlie's ability to speak Korean fluently had disappeared.
- E. Charlie's ability to write Korean poems with his right hand remained intact.

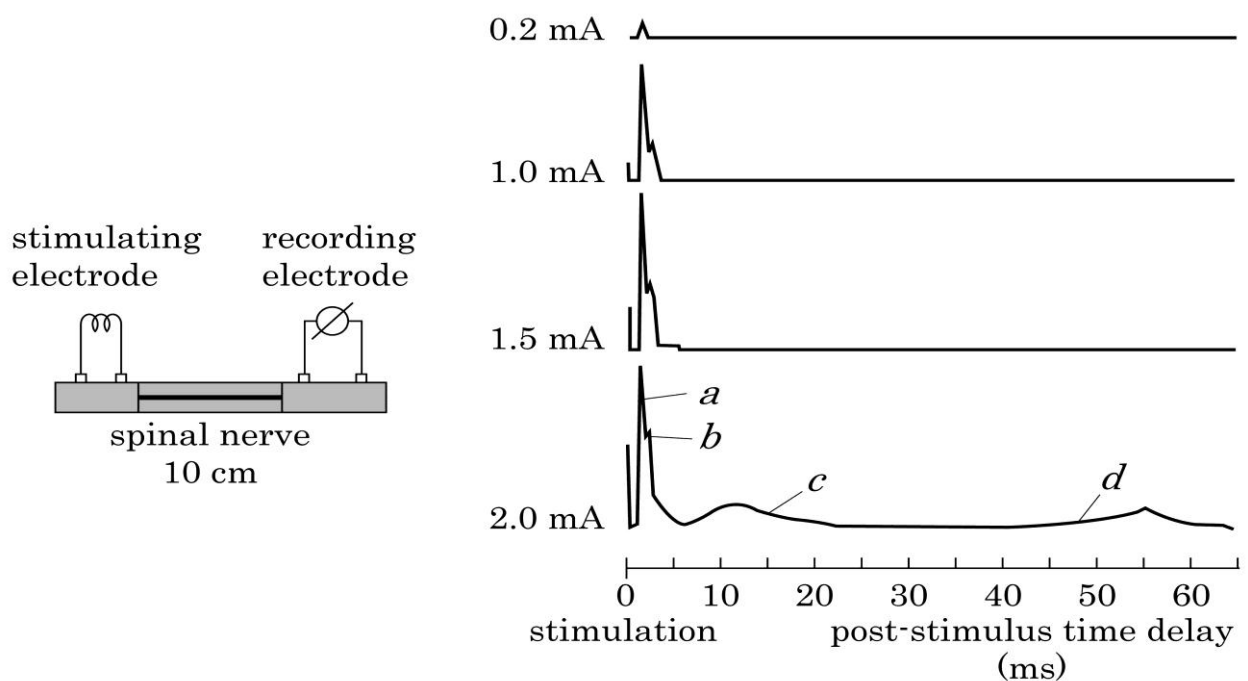
B26.2. (1 point) The ability of Charlie's sign language and the movement of upper extremity were also carefully examined by Dr. Oliver. The results showed that he was also incapable of proper execution of sign language expression in either arm and of moving his right arm. What can we conclude from this?

- A. The damaged language area is responsible for both sign as well as spoken language.
- B. Motor neurons in the right cerebral cortex govern the muscles of the right side.
- C. The language comprehension region is located in the right hemisphere.
- D. His visual system is also damaged.
- E. His sign language expression with left arm is normal.

B26.3. (1 point) A brain-machine interface (BMI) study using a monkey was reported in the Science journal. An array of micro-wire recording electrodes was implanted in associative, arm movement planning area in the frontal cortex of a normal monkey. During upper arm movements electromyogram (EMG), recordings were taken from upper extremities, and at the same time neural recordings were made from implanted recording electrodes in the frontal cortex. Correlations between EMG and neural signals were obtained every 200 msec and used as commands for robot arm movement. The monkey intentionally controlled the robot arm with almost 100% success rate, without using arm muscles. Evaluate whether the following would be true or false if this BMI technology is used for human.

Description	
I	Immunological reaction is one of obstacles to overcome for future development of a prosthetic device for patients such as Charlie.
II	For accurate decoding of motor planning information, the number of simultaneously recorded neurons should be increased.
III	It is more difficult to design prosthetic robot fingers than a robot arm using this kind of BMI technology.
IV	This BMI technology is applicable to overcome Charlie's language disability by decoding motor production information.
V	The described BMI technology can be classified as a motor (output) BMI, while artificial cochlea can be classified as an sensory (input) BMI.

B27. (3 points) A spinal nerve has four different kinds of axons carrying out physiological functions like muscle contractions and cutaneous sensory, thermal and pain sensations. Myelinated, large-diameter axons carry motor information, while unmyelinated, small-diameter axons carry pain information. An electrophysiological experiment was carried out using an isolated rat spinal nerve. Four different intensities of electrical stimulation were delivered to the nerve. Since the stimulation caused simultaneous activation of all axons in the nerve, including both small and large diameter axons, we observed different peaks (*a* to *d*) in the compound action potential (CAP) traces on an oscilloscope. The averaged post-stimulus time delays of these CAP peaks were: *a*, 2 ms; *b*, 2.5 ms; *c*, 12 ms; and *d*, 55 ms. The length of the spinal nerve was 10 cm.



B27.1. (1 point) Calculate the conduction velocity (m/sec) of the CAP peak *a*.

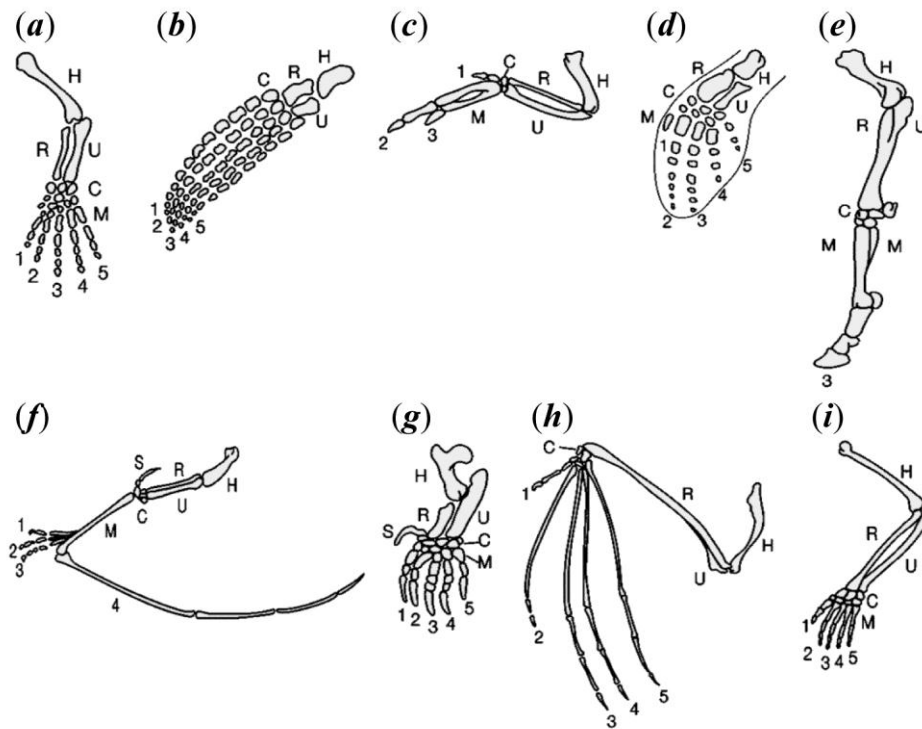
B27.2. (1 point) After the middle part of the nerve is exposed to a local anesthetic that blocks Na^+ channels, which of the following is expected to occur?

- A. The height of all CAP peaks is reduced.
- B. The post-stimulus time delays of all CAP peaks are shortened.
- C. Peaks are reduced and delays are shortened selectively in CAP peaks **c** and **d**.
- D. Peaks are reduced and delays are shortened selectively in CAP peaks **a** and **c**.
- E. Peaks are reduced and delays are shortened selectively in CAP peaks **b** and **c**.

B27.3. (0.5 point) Which CAP peak is response to painful stimulation?

B27.4. (0.5 point) Which CAP peak is responsible for muscle contractions?

B28. (2.7 points) The figures below present the skeletal structures of Tetrapod anterior limbs. In the figure, (a) corresponds to an early amphibian limb. The numbers and letter codes with each limb represent different bones as indicated in the legend under the figure.



H: Humerus,	U: Ulna,	R: Radius,	C: Carpals,
M: Metacarpals,	S: Sesamoid bone,	1~5: Phalanges.	

B28.1. (1.8 points) Among the following statements, decide which statements are true or false?

I.	(c) and (e) show loss or fusion in the skeletons as compared to the ancestral condition.
II.	(b) and (g) show adaptation for life in the ocean.
III.	(b) and (d) show convergent evolution of the skeleton.
IV.	(i) shows adaptation for grasping.
V.	The sesamoid bones in (f) and (g) are evolutionary reversals.
VI.	The figures show homologous characteristics of Tetrapod anterior limbs.

B28.2. (0.9 point) Which of the anterior limbs in the figure above show adaptation for flight or no adaptation for flight? Indicate with checkmarks (✓) in the appropriate box the answer sheet.

ETHOLOGY

B29. (3 points) In matrophagy, a spider female is cannibalized by her offspring who attack and eat her body, when they reach a specific age. The young then live in a group for a short time period and disperse from the nest individually after the third molt. However, some mothers avoid matrophagy. If a mother is not eaten by the first clutch, there is a 30% probability that she will be able to produce a second clutch. The table presents demographic data for this species.

	Clutch size at emergence	Survival rate at the 3 rd molting	Body mass at dispersal	Survival rate from emergence until reproductive age
1 st clutch with matrophagy	100	95%	3.5 mg	20%
1 st clutch without matrophagy	100	70%	2.0 mg	10%
2 nd clutch with matrophagy	40	95%	3.5 mg	20%

B29.1. (1 point) If spiders avoid matrophagy and attempt to produce a second clutch, what is the total clutch size, on average, that these spiders would produce?

B29.2. (1 point) Calculate and write down the reproductive success of the two strategies in which a female spider

- (i) produces only a single clutch and is cannibalized, or
- (ii) avoids being eaten and attempts to produce a second clutch?

(Reproductive success refers to the mean number of reproductively viable offspring one individual produces.)

B29.3. (1 point) From an evolutionary perspective and given the constraints above, which behavior would be selected for?

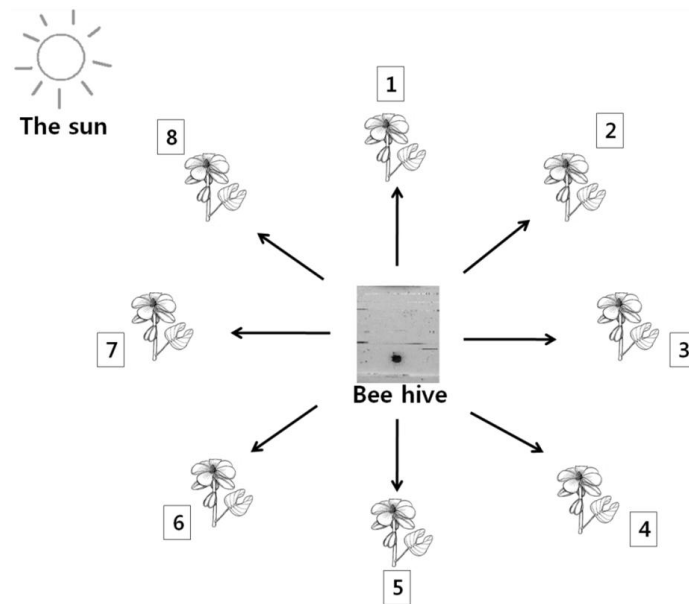
- A. The female does not allow matrophagy because the behavior decreases her survivorship.
- B. The female leaves the nest before emergence of the young from the egg sac.
- C. The female is eaten by its second clutch after leaving the first clutch just before matrophagy.
- D. The female is eaten by its first clutch.
- E. The female does not produce the offspring which cannibalize the mother.

B30. (2.6 points) Honeybee workers (*Apis* species) perform dances to transmit information about the distance and direction of the food source.

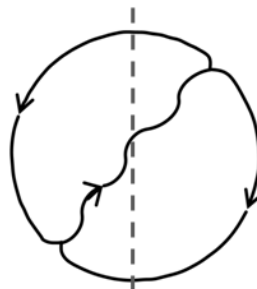
B30.1. (1 point) What is the primary sensory mechanism involved in this communication between colony members in the nest?

- A. Acoustic
- B. Gustatory
- C. Olfactory
- D. Tactile
- E. Visual

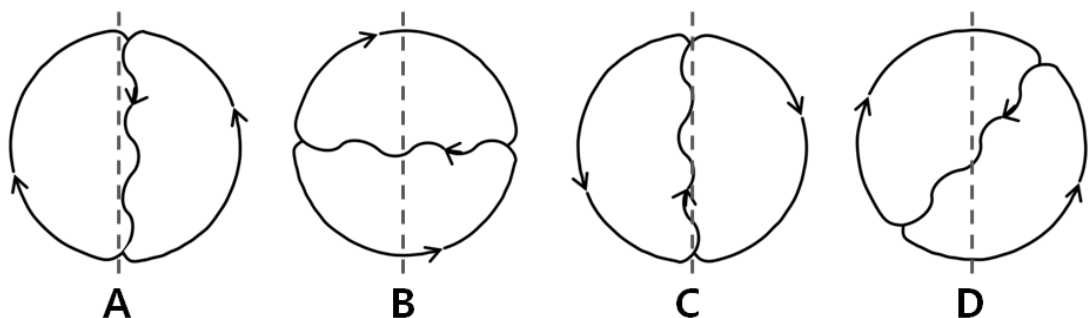
B30.2. (1.6 points) The figure below shows the location of 8 food sources (1~8) relative to the hive.



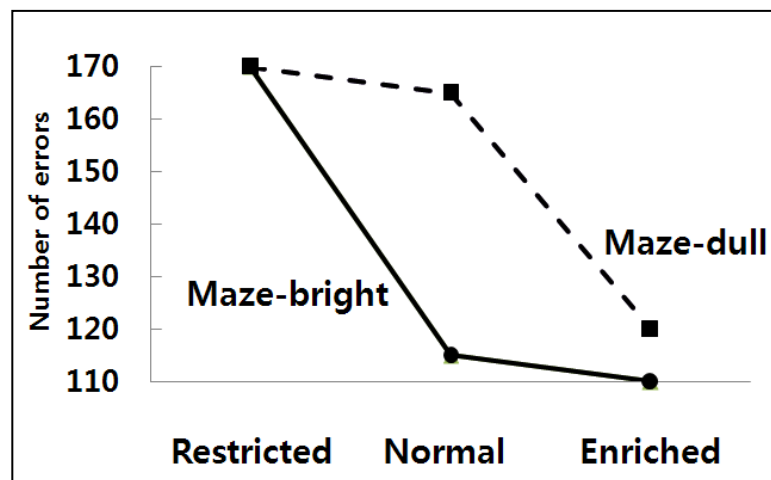
The next figure shows a waggle dance pattern for food source **1**. The dotted line indicates the direction of gravity.



Match each food source direction with its corresponding waggle dance pattern in the following figures.



B31. (1.5 points) Over a number of generations, two strains of rats were selected in a normal environment for their increased or decreased maze-learning ability: 'Maze-bright' rats vs. 'Maze-dull' rats. For the experimental test, rats from each strain were reared in three environments that differed in the amount of visual stimuli present: restricted, normal, and enriched. The graph below shows the behavioral performance of adults in terms of the number of errors committed in running a maze for the maze-bright and maze-dull rats.



Mark whether each of the conclusions below is true or false by putting a checkmark (✓) in the appropriate box in the answer sheet.

Conclusion	
I.	This experiment proves that selection for a behavioral trait leads to genetic differences between strains.
II.	If the two strains of rats are raised in a normal environment, the two strains make a similar number of errors.
III.	This experiment shows that exposure to visual cues during early development influences behavioral performance in adult rats.
IV.	The threshold amount of visual stimuli that markedly improves adult behavioral performance is different for maze-dull and maze-bright rats.

GENETICS AND EVOLUTION

B32. (2 points) The fruit fly *Drosophila melanogaster* has a XX(female)-XY(male) system of sex determination. The Y chromosome determines maleness in humans, but not in *Drosophila*. Instead, sex determination in *Drosophila* depends on the ratio of the number of X chromosomes to the number of autosomal haploid sets in an individual fly.

The table below describes five mutants whose sex-chromosome complements and haploid sets of autosomes differ from the normal condition.

Indicate with a checkmark (✓) the sex phenotype of all the mutant flies.

	Sex-chromosome complement	Haploid sets of autosomes
A	X	2
B	XXY	2
C	XXX	3
D	XXXY	3
E	XX	4

B33. (2.4 points) The following statements concern evolutionary patterns of animal morphological traits.

Mark whether each statement is true or false by putting a checkmark (✓) in the appropriate box on the answer sheet.

Statements
I. Evolution is invariably a phenomenon with direction; therefore, morphological complexities evolved from simplicities.
II. Genetic mutations always lead to morphological changes.
III. Increases in animal body size are not universal within evolutionary lineages.
IV. Morphological changes of individuals do not result from allometric growth, the differential growth of body parts.
V. Chordate species are more similar in the embryonic stages rather than in the adult stages.
VI. Phylogenetic analyses have revealed trends of morphological evolution in some lineages.

B34. (3 points) The following tables present results of plant crosses involving three linked genes: F is a flower-color gene, S is a seed-color gene, and L is a plant-height gene. Each gene has two alleles with one allele exhibiting complete dominance over the other allele. Dominant phenotypes are red flowers, yellow seeds, and tall plants; recessive phenotypes are white, green, and short, respectively. Assume that crossing-over between two genes occurs once.

Parents	Red flower / Yellow seed ($FfSs$) X White flower / Green seed ($ffss$)			
F_1 phenotypes	Red flower / Yellow seed	White flower / Green seed	Red flower / Green seed	White flower / Yellow seed
Frequency of F_1	0.49	0.49	0.01	0.01

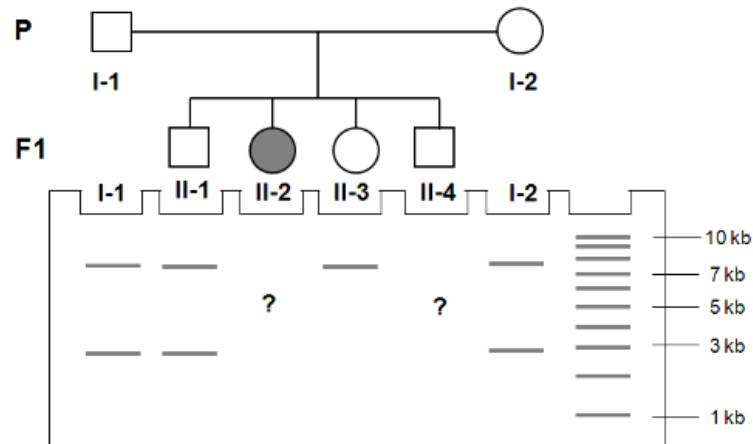
Parents	Tall height / Yellow seed ($LlSs$) : self fertilization			
F_1 phenotypes	Tall height / Yellow seed	Tall height / Green seed	Short height / Yellow seed	Short height / Green seed
Frequency of F_1	0.51	0.24	0.24	0.01

B34.1. (0.9 point) Indicate with a checkmark (✓) in the answer sheet whether each description is true of false.

Description
I. S is closer to L than to F .
II. Some of F_1 plants with tall height / green seed are due to crossing-over.
III. Crossing-over occurs at prophase of meiosis I.

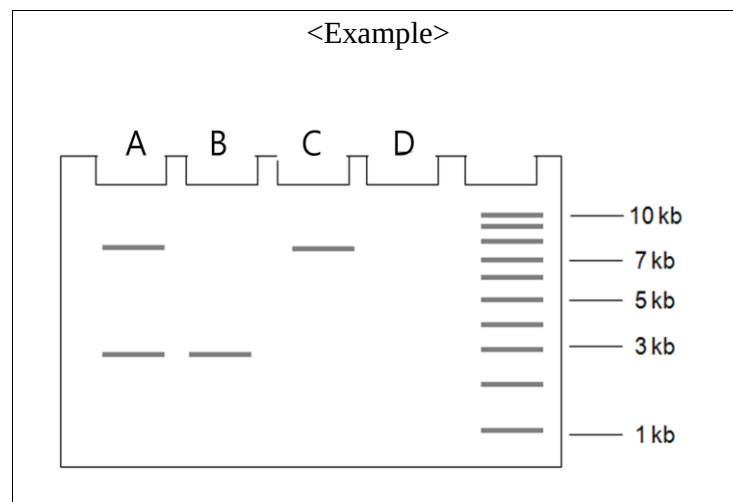
- B34.2.** (0.8 point) How many genotypes can be observed in F_1 plants having tall height/yellow seed?
- B34.3.** (1.3 points) Calculate the map unit between gene *L* and gene *S*. (One map unit = distance of 1% recombination)

B35. (2 points) Shown below is a pedigree for the genetic trait PKU (phenylketonuria) that is caused by a recessive mutation of the PAH gene (that encodes phenylalanine hydroxylase). Under the pedigree is the RFLP (Restriction fragment length polymorphism) pattern of each individual for the PAH gene. II-2 individual has the PKU.



B35.1. (1 point) The RFLP phenotype for individual II-2 is not given. From the gel shown below (A~D), choose all the patterns that would be a correct match for II-2.

B35.2. (1 point) The RFLP phenotype for individual II-4 is not given. From the gel shown below, determine whether each molecular phenotype (A~D) could be a possible match for II-4.



B36. (2 points) 10^5 cells of a triple-mutant yeast strain (*leu⁻ his⁻ trp⁻*) were spread either on minimal medium or on minimal medium supplemented with various combinations of histidine, leucine, or tryptophan. The cultures were grown at either 25°C or 37°C for 3 days. Colony numbers in each plate were counted, and the data are listed in the following table.

Supplements added on minimal medium	Number of colonies	
	25°C	37°C
None	None	None
His, Trp	None	None
Leu, His	8	7
Leu, Trp	Confluent	11
Leu, His, Trp	Confluent	Confluent

B36.1. (1 point) What kind of mutation most probably causes the *his⁻* phenotype?

- A. Conditional mutation
- B. Deletion mutation
- C. Point mutation
- D. Missense mutation
- E. Nonsense mutation

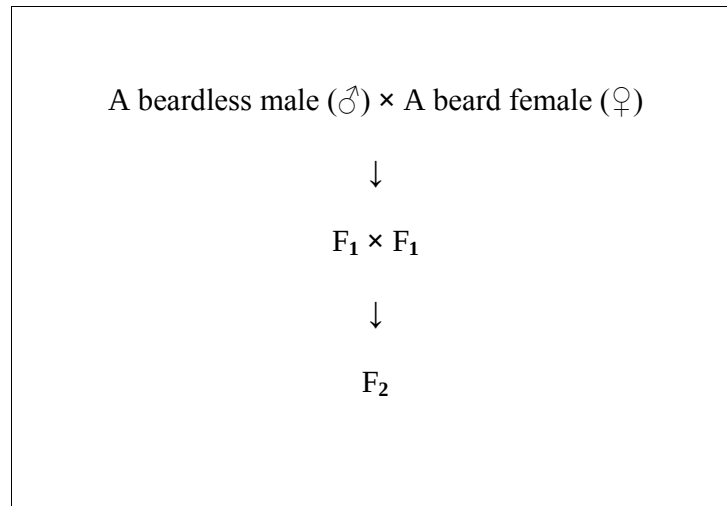
B36.2. (1 point) What type of mutation most probably causes the *leu*⁻ phenotype?

- A. Conditional mutation
- B. Deletion mutation
- C. Point mutation
- D. Missense mutation
- E. Nonsense mutation

B37. (2 points) Human ABO blood type is determined by two genes (H and I). First, the H gene codes for the antigen precursor. The dominant allele (H) leads to expression of the precursor; the recessive allele (h) does not. Second, the I gene has three allele forms, I^A , I^B and i , and determines blood type (A, B, O or AB).

A male with blood type A and a female with blood type B marry. Each of them is heterozygous for both the H gene and the I gene. What is the probability of having a son with blood type O? Give your answer as a percentage (%) rounded to an integer (without any decimals).

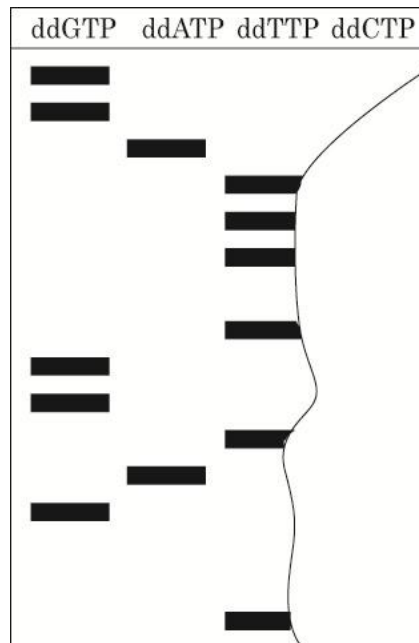
B38. (2 points) The presence of a beard on some goats is determined by the B (beard) gene, which has two alleles: beardless (B^+) and bearded (B^b). The B^b allele is dominant in males but recessive in females. F_1 progeny were born from a cross between a beardless male and a bearded female; F_2 progeny were produced by crossing two F_1 individuals.



Mark whether each statement is true or false by putting a checkmark ($\checkmark$) in the appropriate box on the answer sheet.

Description
A. F_1 females have beards.
B. One half of F_2 progeny have beards.
C. One fourth of F_2 females have beards.
D. The beard gene is sex-linked.
E. The beard gene is inherited according to Mendel's principles.

B39. (3 points) You sequence a 16 bp DNA molecule with the Sanger DNA sequencing procedure. Shown below is the high resolution electrophoretic pattern of the fragments. As you can see, the ddCTP lane was damaged.



B39 .1. (1 point) Indicate with a checkmark((√)) which of the following components are required in the reaction mixture containing ddGTP?

Component
A. DNA polymerase
B. Primer
C. dATP
D. dGTP
E. Template DNA to be sequenced

B39.2. (1 point) How does the absence of a 3'-OH group in ddNTPs affect DNA synthesis?

- A. It promotes DNA breakage.
- B. It prevents the proper base pairing.
- C. It destabilizes the phosphodiester bond.
- D. It activates nucleases.
- E. It prevents phosphodiester bond formation.

B39.3. (1 point) What would be the correct DNA sequence?

- A. 5'-AGGCTACCAGAAATCC-3'
- B. 5'-CCTAAAGACCATCGGA-3'
- C. 5'-GGATTTCTGGTAGCCT-3'
- D. 5'-TCCGATGGTCTTTAGG-3'
- E. 5'-TGATGGTTTTAGG-3'

B40. (2 points) Answer the next two questions using the genetic code table provided below.

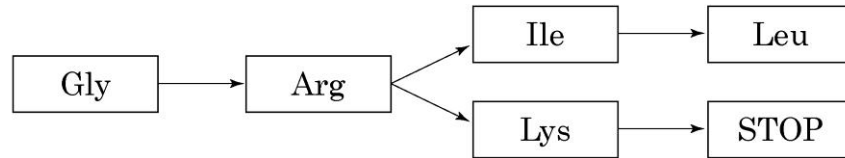
		2nd base in codon					
		U	C	A	G		
1st base in codon	U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp	U C A G	3rd base in codon
	C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G	
	A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G	
	G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G	

B40.1. (1 point) Which of the following mutations would create new template DNA from which the shortest peptide would be translated?

	5'-	ATG	GCT	GGC	AAT	CAA	CTA	TAT	TAG	-3'
Template strand DNA	3'-	TAC	CGA	CCG	TTA	GTT	GAT	ATA	ATC	-5'
sequence										
Nucleotide number		1	4	7	10	13	16	19	22	

- A. a deletion of nucleotide number 7.
- B. a G→C transversion of nucleotide number 9.
- C. a G→A transition of nucleotide number 13.
- D. insertion of -GGT- after nucleotide number 5.
- E. a T→A transversion at nucleotide number 18.

B40.2. (1 point) A series of point mutations occurred in a bacterial gene, resulting in the substitution of amino acid residues in the order shown in the diagram below.



Which amino acid in the diagram can have more than one option for its codon given this particular process of point mutation?

- A. Gly
- B. Arg
- C. Ile
- D. Leu
- E. Lys

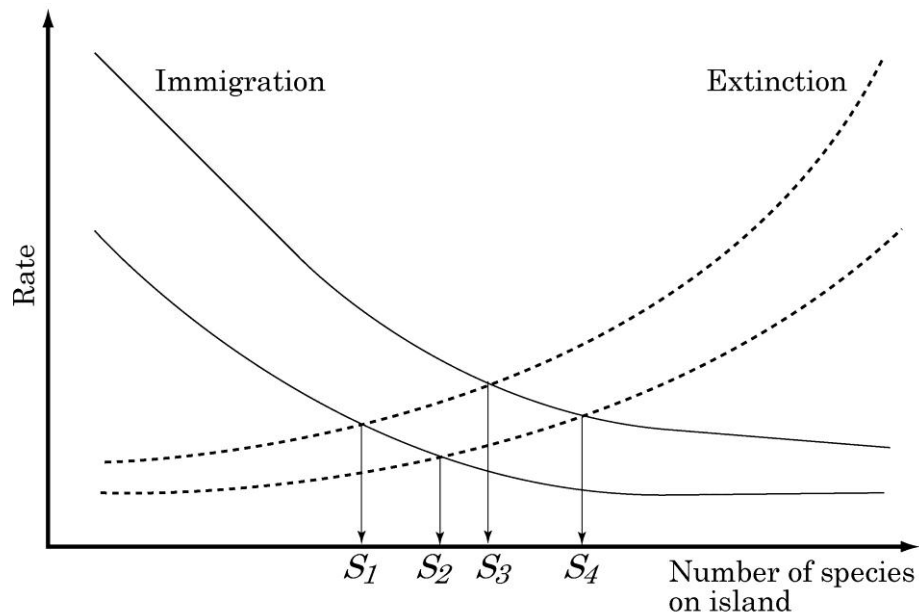
B41. (2 points) Suppose you have a population of flour beetles with 1,000 individuals. Normally the beetles are a red color; however, this population is polymorphic for a mutant autosomal body color, black, designated by b/b . Red is dominant to black, so B/B and B/b genotypes are red. Assume the population is in Hardy–Weinberg equilibrium, with $f(B) = p = 0.5$ and $f(b) = q = 0.5$.

B41.1. (1 point) What would be the expected B and b allele frequencies, respectively, if 1,000 black individuals migrated into the population? (Assume that all other Hardy–Weinberg conditions were met.)

B41.2. (1 point) What would be the frequencies of B and b alleles respectively, if a population bottleneck occurred and only four individuals survived: one female red heterozygote and three black males?

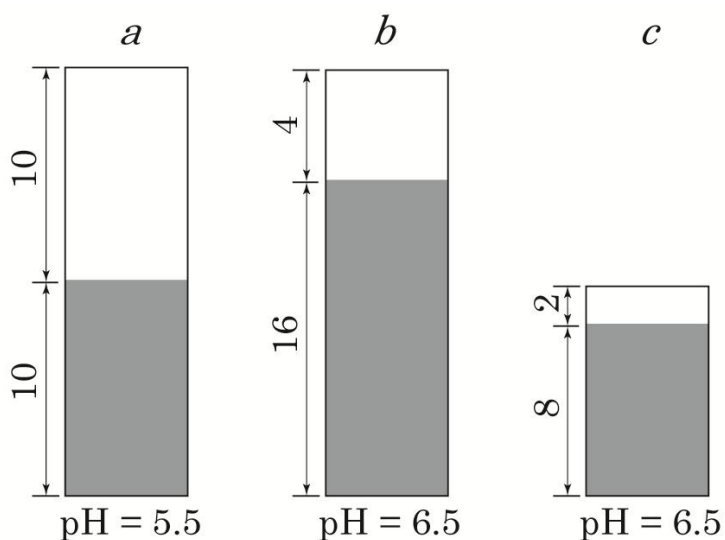
ECOLOGY

B42. (2 points) Island biogeography theory states that the number of species on an island is determined by immigration rates of new species to the island and extinction rates of species on the island. Immigration rates to an island decline as its distance from the mainland increases, and extinction rates decrease with increasing island size. When the immigration and extinction rates on an island are equal, the number of species on the island reaches equilibrium.



Give the correct equilibrium number of species ($S_1 \sim S_4$), in the answer sheet, for each of four islands with different combinations of distance (near and far) and area (small and large) as shown in the figure above.

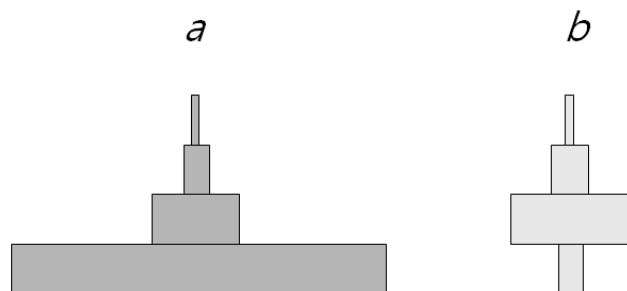
B43. (2 points) The contents of 3 soils (*a*, *b*, and *c*) were examined for soil pH and amounts of acidic cations (H^+ , Al^{3+}) and other cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). The figure below shows the results of that examination: the white and shaded portions of each column represent the amount of acidic and other cations, respectively. (Values given are in units of centimoles/kg.)



For each description below, indicate with a checkmark (✓) whether it is true or false.

Description
I. Aluminum toxicity tends to be most severe in soil <i>a</i> .
II. Soil <i>b</i> contains the most nutrient minerals plants can use.
III. Anions such as NO_3^- and PO_4^- tend to be retained in soil more than cations are retained.
IV. As more H^+ displaces other cations, the soil becomes more acidic.

B44. (2.2 points) The figure below shows standing biomass pyramids of two ecosystems, each with four trophic levels.



B44.1. (1.2 point) Which of the following explanations are true or false? Indicate with a checkmark (✓) in the answer sheet.

Explanation	
I.	Pyramid <i>a</i> reflects energy losses due to respiration within trophic levels and energy losses during energy transfer between trophic levels.
II.	Pyramid <i>b</i> represents an ecosystem with fast turnover in the primary producer level.
III.	For each ecosystem, its energy pyramid is opposite to its biomass pyramid.
IV.	For both ecosystems, production efficiency becomes higher as the trophic level increases.

B44.2. (1 point) Assuming an ecological efficiency of 10% between trophic levels, how much net primary productivity is required to harvest 2 g C/m² annually from the tertiary consumer level?

B45. (2.8 points) Recent changes in the mean global temperature are largely attributed to increases in levels of some atmospheric gases and aerosols (small particles suspended in air), many of which have been generated by human activities.

B45.1. (0.8 point) Evaluate whether the following statements are true or false in relation to the role of these gases and aerosols changing global temperature.

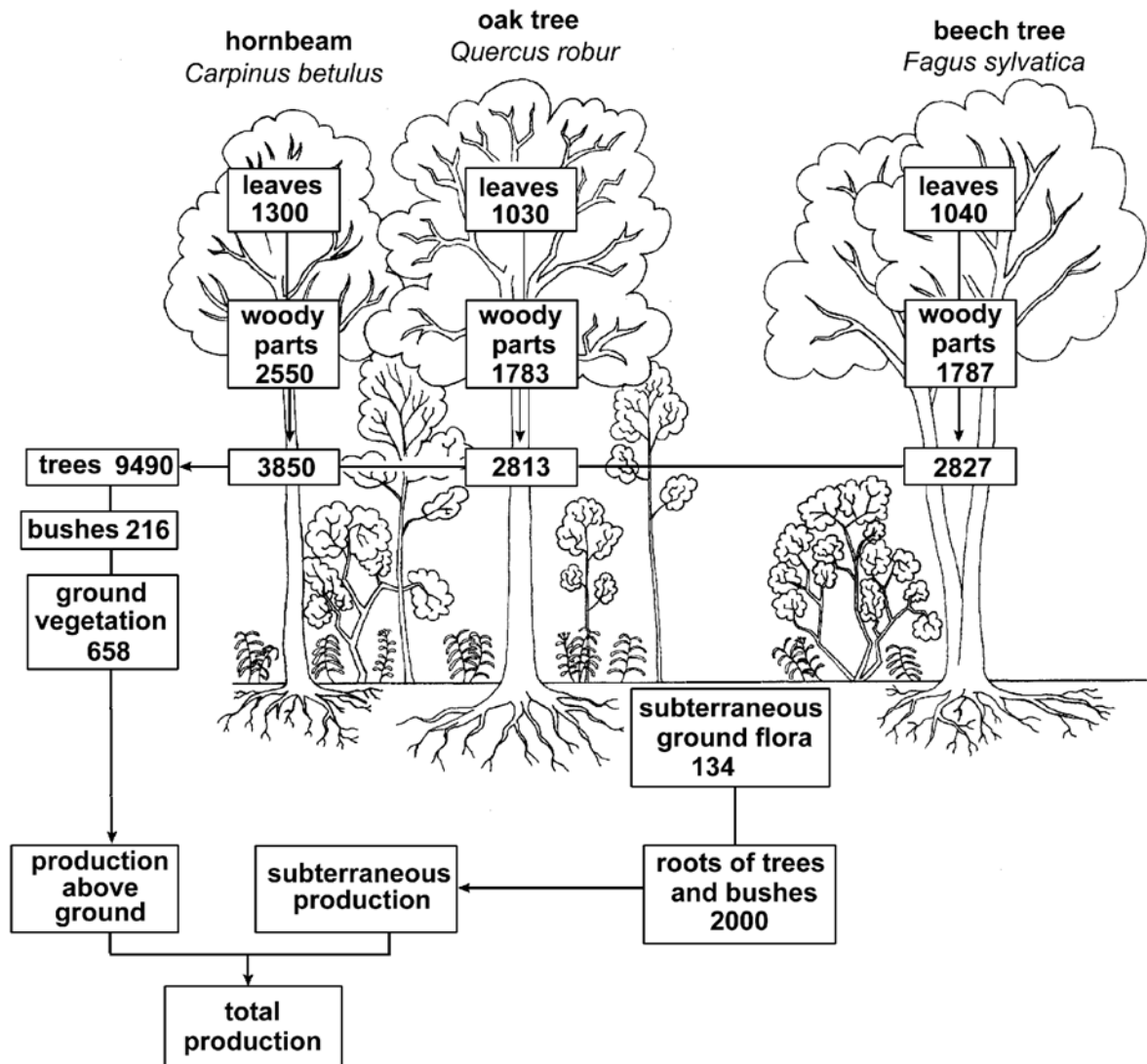
I.	These gases scatters short-wave radiation emitted from the sun.
II.	These gases absorb and re-radiate infrared radiation emitted from the earth's surface.
III.	Aerosols prevent heat convection into space.
IV.	Regardless of the presence of gases or aerosols, solar radiation itself has increased recently.

B45.2. (2 points) For each statement below, choose from the following list of gases the one that is most likely to be related to that description.

<List of gases>		
a. Hydrofluorocarbons (HFCs)	b. CH ₄	c. CO ₂
d. N ₂	e. O ₃	f. N ₂ O

Description
I. The gas largely derived from fossil fuels and clearing of forests that contributes the most to global warming.
II. The gas with the highest global warming potential (compared to CO ₂).
III. A gas that in the stratosphere is essential to support human life on earth, while in the troposphere it exerts harmful effects on humans.
IV. A gas that is not thought to contribute to global warming.
V. A gas derived from landfills and the livestock sector that has increased most rapidly in the past 200 years.

B46. (2 points) The picture shows a schematic representation of the production of three well-known trees of a deciduous forest. The production is indicated in kg dry mass per hectare per year.

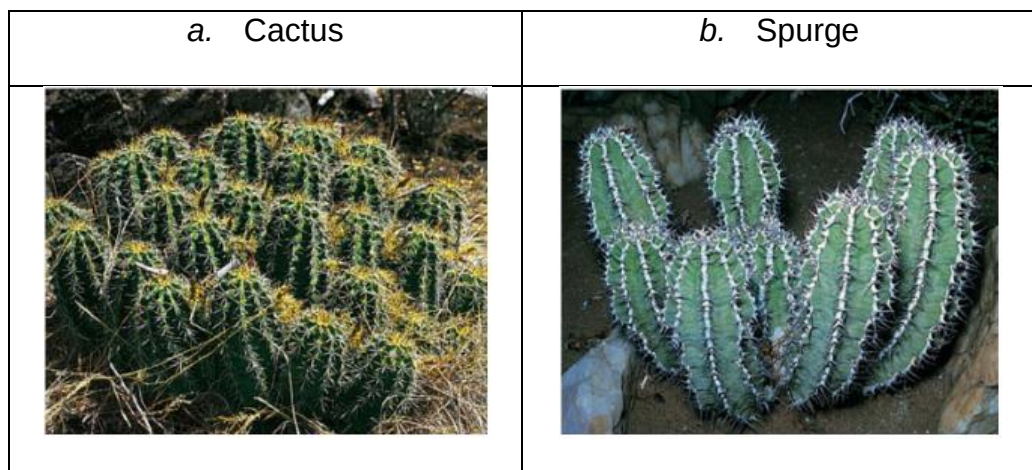


Calculate how much of the total production comes from above ground woody parts.

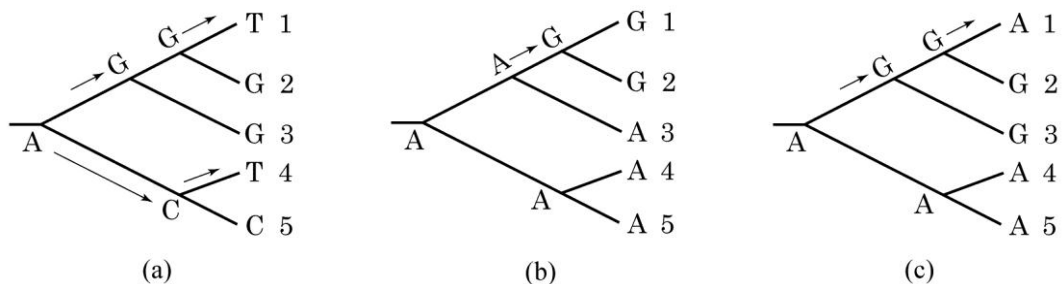
Give your answer as a percentage (%) rounded to an integer (without any decimals).

BIOSYSTEMATICS

B47. (2 points) Figures *a* and *b* show the characteristics of a cactus from the American desert and a spurge from the African desert, respectively. An evolutionary mechanism has been proposed to explain the morphological similarities between these nonrelated species. That same evolutionary mechanism has been reported to operate at the DNA sequence level.



c. Molecular evolution model

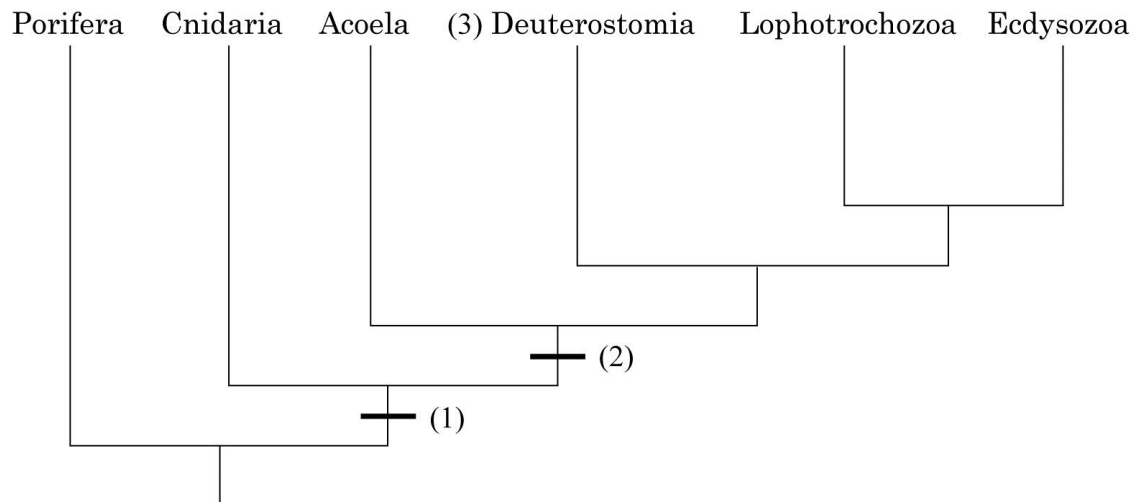


Which of the molecular evolutionary trees shown in Figure *c* is the best molecular model of the morphological evolutionary mechanism that we observe in the cactus and spurge? The symbols A, C, G, and T on the molecular evolutionary trees represent DNA bases.

- A. Tree (a), 1 with 4.
- B. Tree (b), 1 with 2.
- C. Tree (c), 1 with 5.
- D. Tree (c), 2 with 3.

B48. (2 points) The following figure represents a recent phylogenetic tree for the animal kingdom.

Carefully observe the tree topology, and answer the following questions.



B48.1. (1 point) What are the most appropriate synapomorphic characters for the numbers (1) and (2), respectively? Mark appropriate boxes with a checkmark (✓).

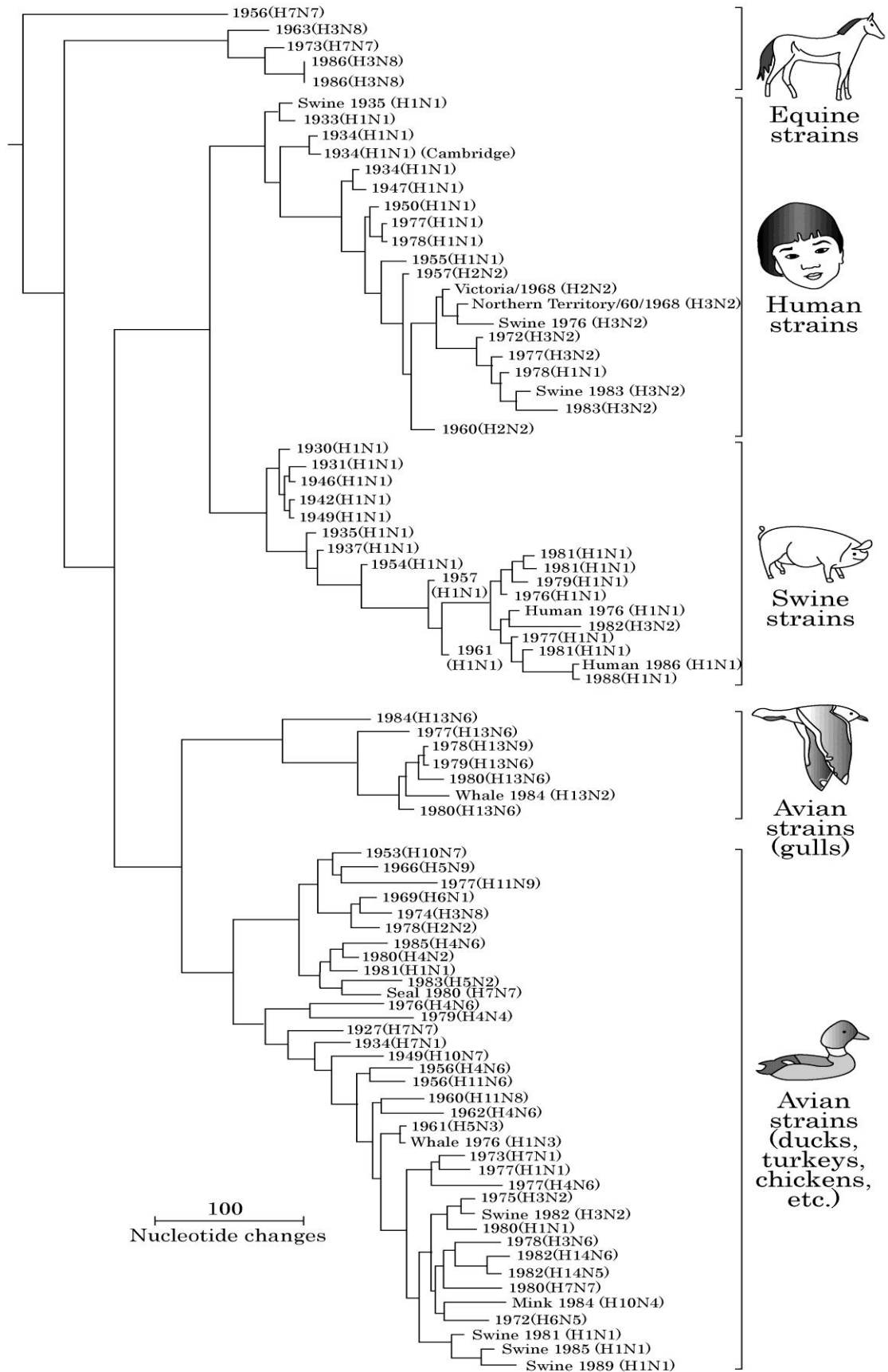
- A. Segmented body
- B. True tissue differentiation
- C. Embryogenesis
- D. Bilateral symmetry
- E. Exoskeleton development

B48.2. (1 point) Which of the following groups are members of Deuterostomia (taxon number (3))?

- A. Echinodermata, Arthropoda.
- B. Echinodermata, Chordata.
- C. Mollusca, Arthropoda.
- D. Annelida, Mollusca.
- E. Chordata, Mollusca.

B49. (2 points) The Influenza A virus is responsible for annual flu epidemics and for occasional flu pandemics. Influenza A has a genome composed of eight RNA strands that encode a total of 11 proteins. Influenza A strains can be classified based on the combination of two coat proteins, Hemagglutinin (H1~H13) and Neuraminidase (N1~N9). In this way, various flu types such as H1N1, H3N1, H7N2, *etc.* can be recognized. The virus strains also can be classified by the host animal. The following figure represents the phylogeny of flu viruses based on the nucleoprotein gene of the flu virus genome. Indicated for each viral strain is the host species from which it was isolated, the year, and the type of Hemagglutinin and Neuraminidase it carries. Indicate with checkmarks (✓) whether following statements are true or false.

I.	The avian flu virus consists of the most diverse types, and some avian flu types also are found in some mammalian species such as whales and dolphins. Therefore, the avian flu virus represents the most archaic type of flu virus.
II.	The phylogenetic tree suggests that the host shift and genetic recombination of flu virus have occurred between birds and pigs.
III.	The virulence of virus can be changed rapidly by host shifts and mutations. Therefore, vaccine developments are relatively difficult compared to other common diseases.
IV.	Swine flu strains are phylogenetically more closely related to the human flu strains than to other strains.



B50. (1.5 points) Following table summarizes the main characteristics of the four major phyla of seed plants. Check (✓) in the answer sheet whether each characteristics is absent (−) or present (+) for A~E.

Character Phylum	Flagellated sperm	Double fertilization	Vessel in xylem	Flowers and fruits	Development of the secondary xylem
Cycadophyta	+	B	−	−	−
Ginkgophyta	A	−	−	−	E
Pinophyta	−	−	−	D	+
Magnoliophyta	−	+	C	+	+

B51. (2.4 points) All organisms use carbon as well as energy in order to live and function. Organisms can be divided into four nutrition modes based upon the species' main sources of energy and of carbon.

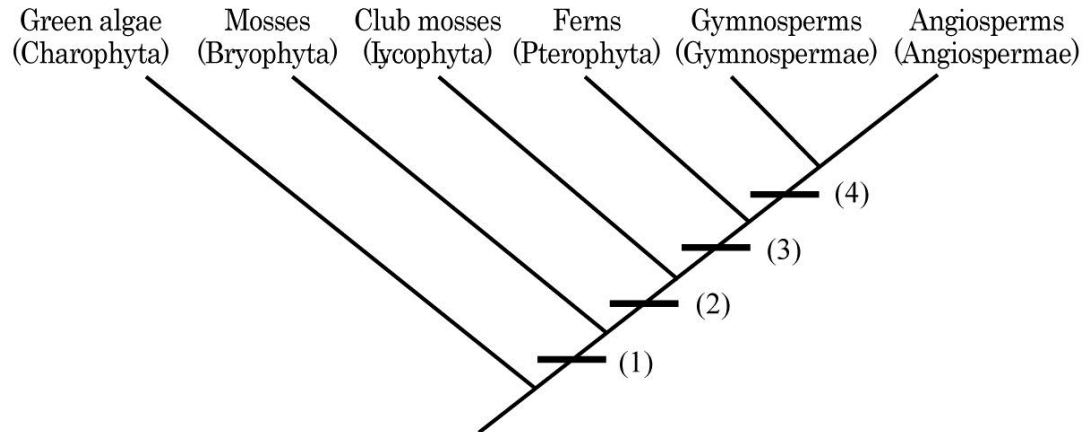
B51.1. (1.2 points) From the following list of nutrition modes, fill in the answer sheet with the correct term corresponding to each combination of carbon and energy source.

<Nutrition mode>	
I. Photoautotroph,	II. Chemoautotroph,
III. Photoheterotroph,	IV. Chemoheterotroph.

B51.2. (1.2 points) From the list of organisms provided, choose **two** organisms belonging to each nutrition mode.

<Organisms>	
a. Cyanobacteria,	b. Green nonsulfur bacteria,
c. Purple nonsulfur bacteria,	d. Fungi,
e. Most archaebacteria,	f. Most plants,
g. Animals,	h. Nitrifying bacteria.

B52. (2 points) The following figure represents a recent phylogeny for the plant kingdom.



For each number (1)~(4), select the appropriate apomorphic trait from the list provided.

< Apomorphic traits >

- A. Leaves with well-developed vascular bundles,
- B. Embryos,
- C. Seeds,
- D. Vascular tissues,
- E. Phragmoplast.