

**Задания Столичной олимпиады МФТИ по биологии  
2020/21 уч. год  
Очный этап через систему прокторинга**



## **ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ДЛЯ 11 КЛАССА**

**Задания олимпиады разделены на три части:**

- Часть А:** Задания с одним верным ответом (всего: 24 задания, 35 баллов)  
**Часть В:** Задания с множественным выбором (всего: 9 заданий, 27 баллов)  
**Часть С:** Задания на сопоставления (всего: 8 заданий, 48 баллов)

**Максимум: 110 баллов**

**Время выполнения заданий: 190 минут**

## **Часть А. Тестовые задания с выбором одного верного ответа**

Во всех заданиях данной части в начале идет условие, а затем четыре варианта ответов (под буквами от А до D). Участникам необходимо определить, какой один из вариантов ответа является верным (подходит под формулировку задания). В каждом задании может быть только один правильный вариант ответа. Рядом с номером вопроса проставлено количество баллов, которые участник получает за правильный ответ: есть две стоимости – по 1 баллу и по 2 балла.

### **Система оценки:**

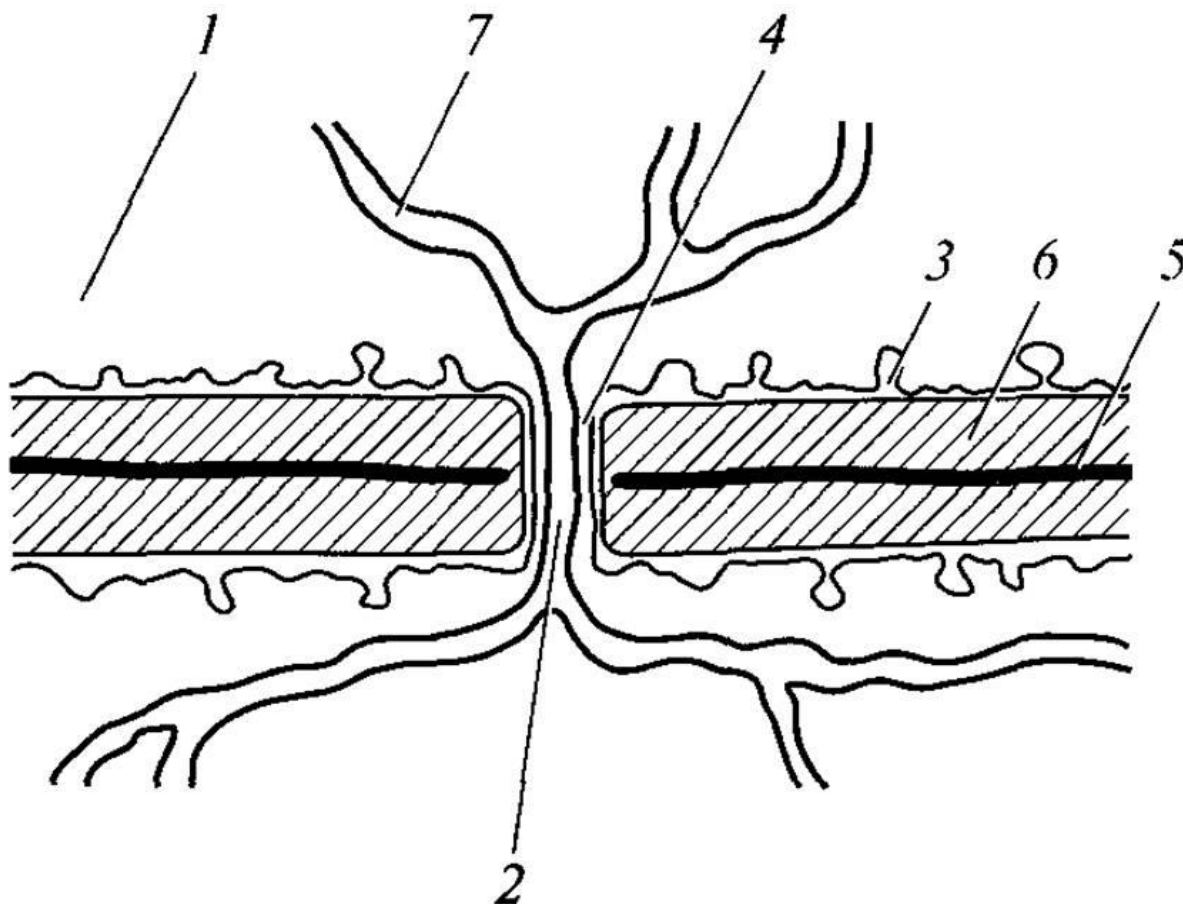
За каждый верно указанный ответ – 1 или 2 балла

За каждый неверно указанный ответ – 0 баллов

### **Правильные ответы подчеркнуты**

**Задание 1 (ID 3) – 2 балл**

На рисунке показано схематичное изображение плазмодесмы растения.



**Выберите верное утверждение:**

- A) Плазмодесмы соединяют протопласты клеток растения в единую систему под названием симпласт;
- B) Цифрой 2 обозначена микротрубочка;
- C) Цифрой 5 обозначена плазмалемма;
- D) Плазмодесмами называют ядерные поры в растительной клетке.

### Задание 2 (ID 6) – 2 балла

Сосновые леса являются ценным биологическим ресурсом нашей страны. Для оценки состояния лесных сообществ широко используется метод геоботанического описания – составление полного списка видов фитоценоза с указанием их количественного участия. На основании результатов геоботанического описания можно проанализировать условия произрастания, состояние и продуктивность растительного сообщества.

В составе исследовательской группы вы изучили древесный ярус леса (см.фото).



Были получены следующие результаты:

| Ярус                            | Сомкнутость крон | Формула древостоя |
|---------------------------------|------------------|-------------------|
| Спелый и приспевающий древостой | 0,7              | 6С 2Е 2Б          |
| Подрост                         | 0,2              | 6С 4Е             |
| Подлесок                        | 0,05             | 7Кр 3М            |

Использованные термины и условные обозначения:

Сомкнутость крон – это площадь, занятая проекциями крон деревьев без учёта просветов внутри крон, выраженная в десятых долях от единицы.

Формула древостоя – относительное число деревьев разных пород в единицах от 10 частей:

- С – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.);
- Е – ель европейская (*Picea abies* (L.) H.Karst.);
- Б – береза повислая (*Betula pendula* Roth);
- Кр – крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.);
- М – малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.).

**Например, формула 9С 1Е означает, что из 10 учтенных деревьев 9 сосен и 1 ель.**

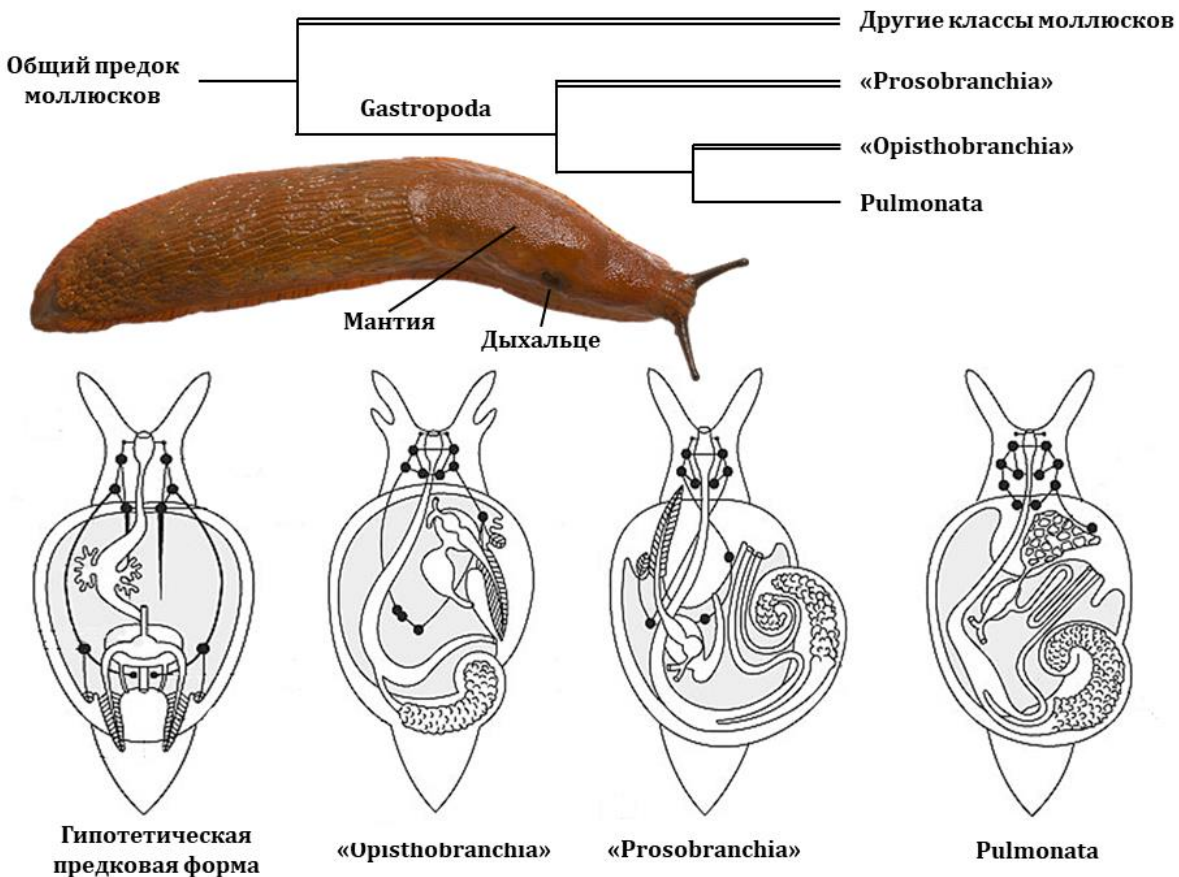
**Какой вывод вы можете сделать на основании полученных данных?**

- A) Тип описываемого сообщества – смешанный лес, так как присутствуют хвойные и широколиственные породы деревьев;
- B) Сомкнутость крон описываемого участка оптимальна для эффективного возобновления сосны;
- C) Без вмешательства человека доля ели в подросте со временем будет увеличиваться;
- D) Для сохранения девственного соснового бора можно рекомендовать изъятие описанной территории из хозяйственного использования (создание заказника).



**Задание 3 (ID 9) – 2 балла**

Слизни – это полифилетическая группа, сформировавшаяся в ходе многократной параллельной редукции раковины у различных групп наземных брюхоногих моллюсков (Gastropoda). Стоит отметить, что редукция раковины неоднократно происходила в эволюции моллюсков и в том числе брюхоногих. Ранее всех брюхоногих подразделяли на три подкласса: заднежаберные («Opisthobranchia»), переднежаберные («Prosobranchia») и лёгочные (Pulmonata). Современные исследования показывают, что первые два из них являются парафилетическими. В эволюции брюхоногих важную роль играет торсия – закручивание внутренностного мешка (расположенного внутри спирально-закрученной раковины) относительно ноги. Так у заднежаберных мантийная полость с жабрами занимает промежуточное между передним и задним, положение в теле моллюска, а у переднежаберных она расположена спереди, как-бы над головой. Лёгочные моллюски – единственная группа брюхоногих, приспособившаяся к жизни на суше, их мантийная полость преобразовалась в лёгкое. На рисунке представлен слизень *Arion sp.*, а также очень упрощённое филогенетическое древо и схемы строения основных групп брюхоногих моллюсков.



**Основываясь на приведённых схемах выберите верную последовательность эволюционных событий, приведших к наличию существующего варианта дыхательной системы у слизней:**

А) В ходе торсии мантийная полость сместилась с заднего конца тела в промежуточное положение -> В ходе дальнейшей торсии мантийная полость сместилась на передний конец тела -> В связи с переходом к наземному образу жизни, мантийная полость преобразовалась в лёгкое -> В результате деторсии, связанной с утратой раковины, мантийная полость вернулась в промежуточное положение;

В) В результате торсии мантийная полость с жабрами сначала сместилась из переднего в промежуточное положение -> В ходе дальнейшей торсии мантийная полость сместилась на задний конец тела -> В связи с переходом к наземному образу жизни, мантийная полость преобразовалась в лёгкое -> В результате деторсии, связанной с утратой раковины, мантийная полость вернулась в промежуточное положение;

С) В результате торсии мантийная полость с жабрами сначала сместилась из переднего в промежуточное положение -> В ходе дальнейшей торсии мантийная полость сместилась на задний конец тела -> В результате деторсии, связанной с утратой раковины, мантийная полость вернулась в переднее положение -> В связи с переходом к наземному образу жизни, мантийная полость преобразовалась в лёгкое;

D) В результате торсии мантийная полость сместилась с заднего конца тела в переднее положение -> В результате деторсии мантийная полость сместилась в промежуточное положение -> В связи с переходом к наземному образу жизни, мантийная полость преобразовалась в лёгкое -> Произошла утрата раковины, не повлиявшая на расположение мантийной полости.

**Задание 4 (ID 12) - 2 балла**

На фотографиях изображено несколько позвоночных животных.



**Выберите из списка признак, который характерен для всех из них:**

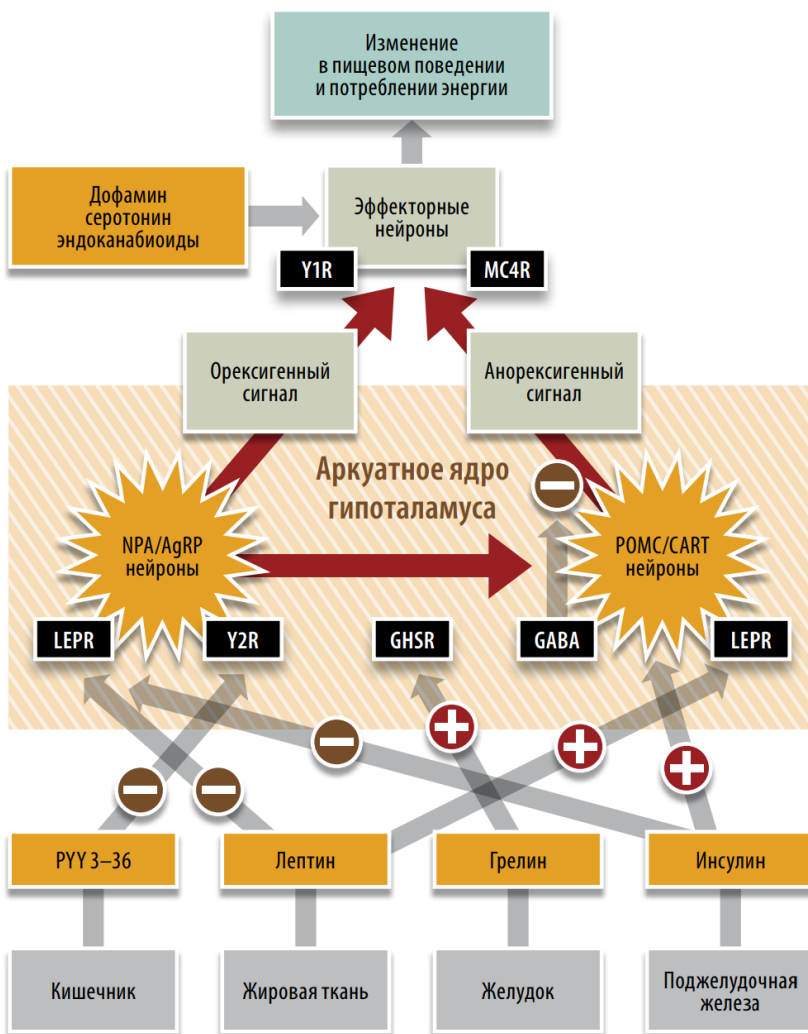
- A) Две пары височных окон;
- B) Внутреннее оплодотворение;
- C) Трёхкамерное сердце;
- D) Два лёгких.



**Задание 5 (ID 14) - 1 балл**

Пищевое поведение человека регулируется совокупностью многих факторов – физиологических, психологических, культурных. На уровне головного мозга оно управляется аркуатным ядром гипоталамуса, содержащим два основных центра – орексигенный (повышающий аппетит) и анорексигенный (снижающий аппетит). Нарушения в работе этих центров могут привести к расстройствам пищевого поведения, в том числе бесконтрольному употреблению пищи.

Перед вами схема гормональной регуляции пищевого поведения человека. Нейроны анорексигенного центра (POMC/CART-нейроны) выделяют проопиомеланокортин, действующий через свой рецептор MC4R. Эти нейроны активируются инсулином и лептином через его рецептор (LEPR). Нейроны орексигенного центра (NPA/AgRP-нейроны) секретируют нейропептид Y (NPY), действующий через свой рецептор Y1R. Работа этих нейронов тормозится инсулином, лептином через рецептор LEPR и пептидом YY 3-36 (PYY 3-36) через рецептор Y2R. Рецептор грелина (GHSR) стимулирует нейроны орексигенного центра, выделяющие гамма-аминомаслянную кислоту (ГАМК или GABA) и тормозящие работу нейронов анорексигенного центра.



**Наследственная предрасположенность к ожирению может быть вызвана:**

- A) Мутацией в гене проопиомеланокортина, усиливающей его эффекты;
- B) Мутацией в гене грелина, снижающей его эффекты;
- C) Мутацией в гене NPY, ухудшающей его эффект;
- D) Мутацией в гене рецептора лептина, ухудшающей его функционирование.

**Задание 6 (ID 15) – 2 балла**

**Сердечные гликозиды – группа препаратов, использующихся для лечения сердечной недостаточности (дигитоксин, дигоксин и др.), связанной с нарушением сократительной функции сердечной мышцы. Механизм их действия основан на:**

- A) Усилении выброса кальция из эндоплазматического ретикулума и митохондрий в цитоплазму кардиомиоцита;
- B) Угнетении работы  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -обменника, закачивающего три иона  $\text{Na}^+$  в клетку и выкачивающего один ион  $\text{Ca}^{2+}$  из клетки;
- C) Активации  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы, выкачивающей три иона  $\text{Na}^+$  из клетки и закачивающей два иона  $\text{K}^+$  в клетку;
- D) Активации работы АТФ-синтазы в кардиомиоцитах.

**Задание 7 (ID 16) - 1 балл**

«Сырный» синдром — состояние, возникающее у людей, принимающих антидепрессанты группы ингибиторов моноаминоксидазы (иМАО) - фермента, который разрушает эндогенные и экзогенные моноамины (серотонин, норадреналин, дофамин и др.). Неселективные иМАО ингибируют также изоформу этого фермента, содержащуюся в клетках кишечника и разрушающую поступающие с пищей биологически активные амины (например, производные аминокислоты тирозина). При употреблении продуктов, богатых тирозином (например, сыры и копчености), у пациентов происходит:

- А) Резкое снижение двигательной активности;
- В) Активация парасимпатической нервной системы;
- С) Сужение сосудов и головная боль;
- Д) Воздействие на рецепторы миндалина и вызванное этим чувство эйфории и спокойствия.

**Задание 8 (ID 17) - 1 балл**

**В мозговом веществе почек расположены следующие структурные элементы:**

- A) Нисходящее колено петли Генле;
- B) Боуменова капсула;
- C) Проксимальный извитой каналец;
- D) Выносящая артериола;

**Задание 9 (ID 18) – 2 балла**

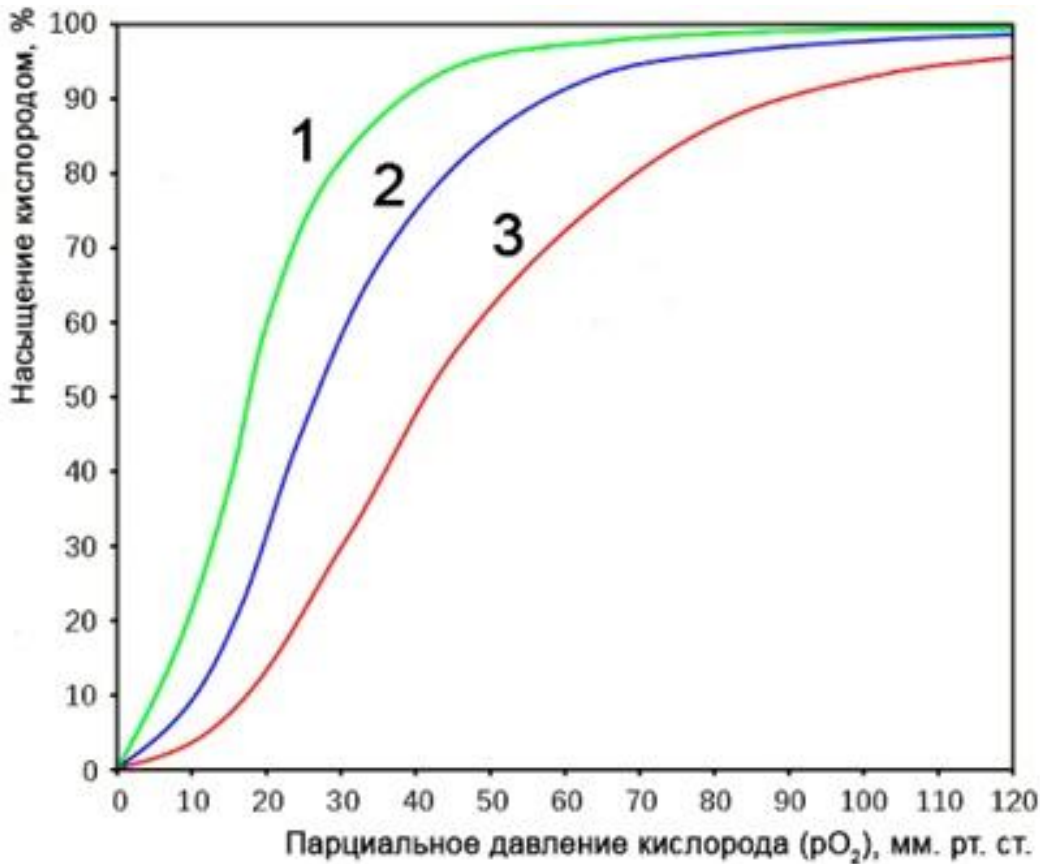
Кодеин – противокашлевое лекарственное средство центрального действия. При попадании кодеина в организм в печени при помощи фермента CYP2D6 происходит его превращение в токсичный метаболит – морфин (агонист опиоидных рецепторов). Для гена CYP2D6 характерен полиморфизм: у 10% европейского населения встречается инактивирующая фермент мутация; для азиатского и африканского населения характерны мутации, частично снижающие активность данного фермента. На основании представленной информации выберите верное утверждение:

- A) Увеличение числа копий гена CYP2D6 повышает риск развития побочных эффектов;
- B) У азиатского и африканского населения чаще развиваются тяжёлые побочные эффекты, чем у европейцев;
- C) Активирующая мутация в гене CYP2D6 приводит к усилению противокашлевой активности кодеина;
- D) Кодеин усиливает активность центров продолговатого мозга.



**Задание 10 (ID 19) - 1 балл**

На рисунке ниже приведены кривые насыщения белков, связывающих кислород.

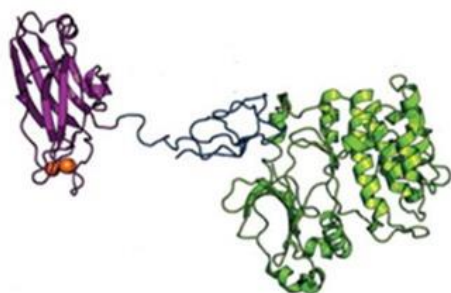


Среди представленных утверждений выберите верное:

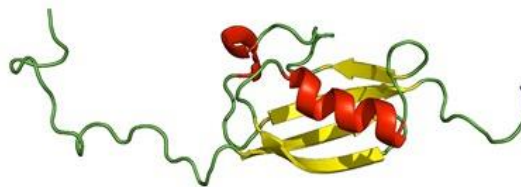
- А) Если кривая насыщения 2 характерна для гемоглобина в легких, то в капиллярах тканей кривая насыщения гемоглобина будет переходить в кривую 1;
- В) Если кривая насыщения 2 характерна для гемоглобина в артериальной крови, то в капиллярах активно работающей мышцы кривая насыщения гемоглобина будет переходить в кривую 3;
- С) Если кривая насыщения 2 характерна для гемоглобина в артериальной крови, то в капиллярах активно работающей мышцы кривая насыщения гемоглобина будет переходить в кривую 1;
- Д) Если кривая насыщения 2 соответствует гемоглобину взрослого человека, то кривая насыщения, характерная для гемоглобина эмбриона будет находиться в области кривой насыщения 3.

**Задание 11 (ID 20) – 1 балл**

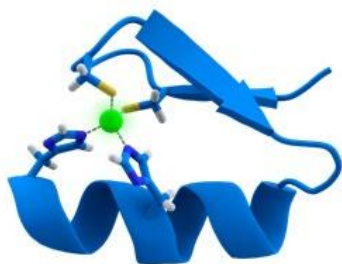
Пространственные структуры полипептидной цепи являются важным инструментом биохимика для выяснения функций полипептида. На рисунке приведены разные варианты пространственной организации полипептидных молекул.



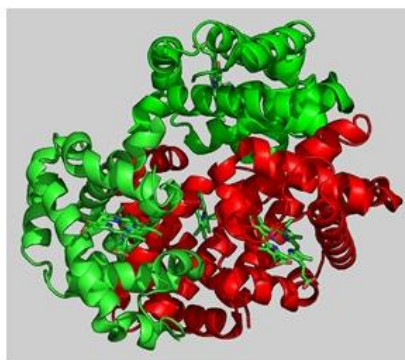
**1**



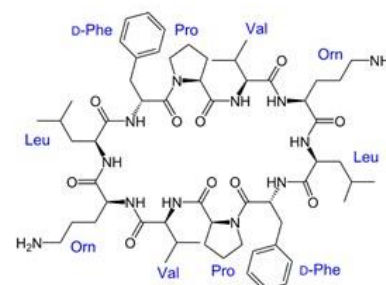
**2**



**3**



**4**



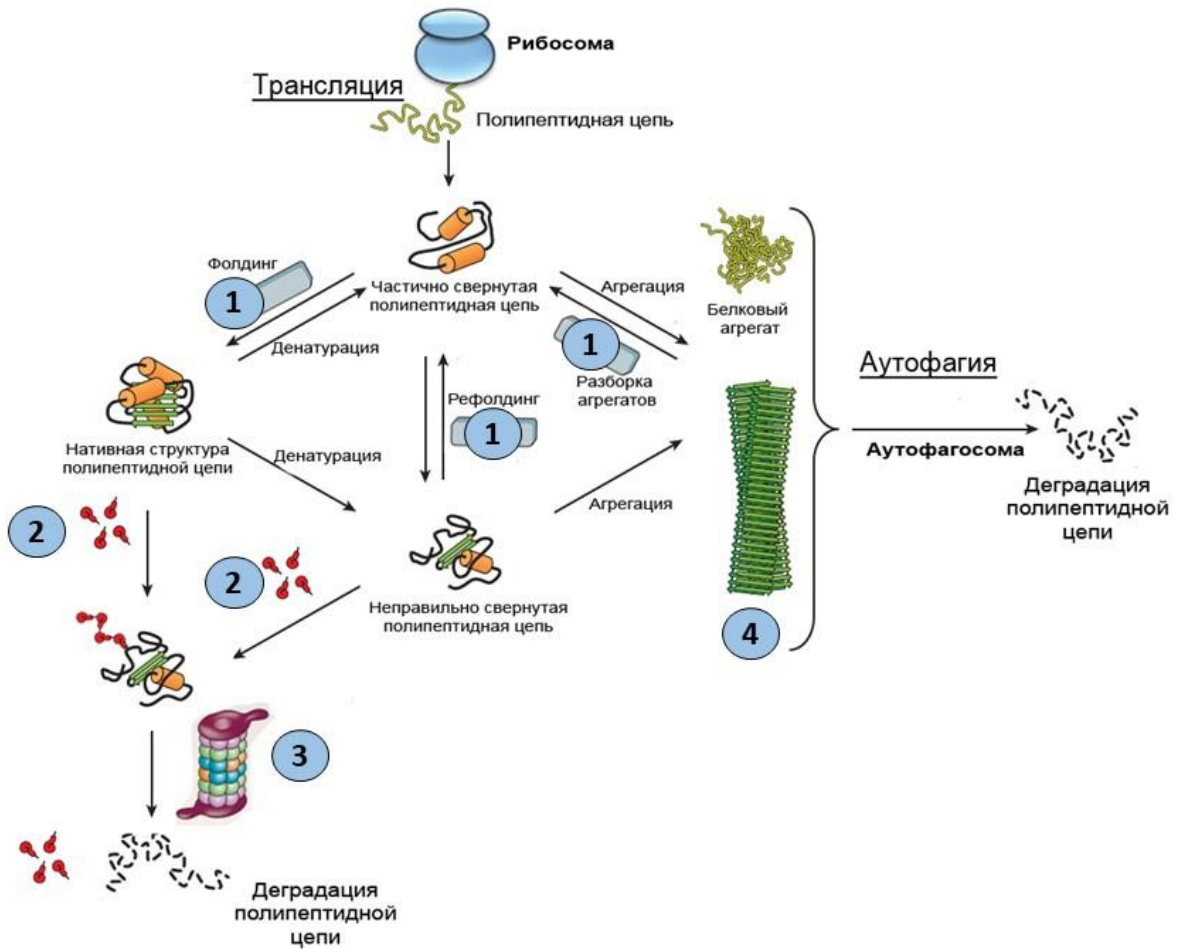
**5**

**Выберите правильные варианты ответа, соответствующие цифрам 1-5 на схеме:**

- A) 1 – вторичная структура, 2 – третичная структура с несколькими доменами, 3 – первичная структура, 4 – четвертичная структура, 5 – структурный мотив (надвторичная структура);
- B) 1 – третичная структура с несколькими доменами, 2 – вторичная структура, 3 – четвертичная структура, 4 – третичная структура, 5 – первичная структура;
- C) 1 – четвертичная структура, 2 – третичная структура, 3 – структурный мотив, 4 – третичная структура с несколькими доменами, 5 – вторичная структура;
- D) 1 – третичная структура с несколькими доменами, 2 – третичная структура, 3 – структурный мотив (надвторичная структура), 4 – четвертичная структура, 5 – первичная структура.

**Задание 12 (ID 21) – 2 балла**

На рисунке представлена упрощенная схема синтеза и распада белка в эукариотической клетке. На схеме под цифрами 1-4 зашифрованы важные участки процесса.

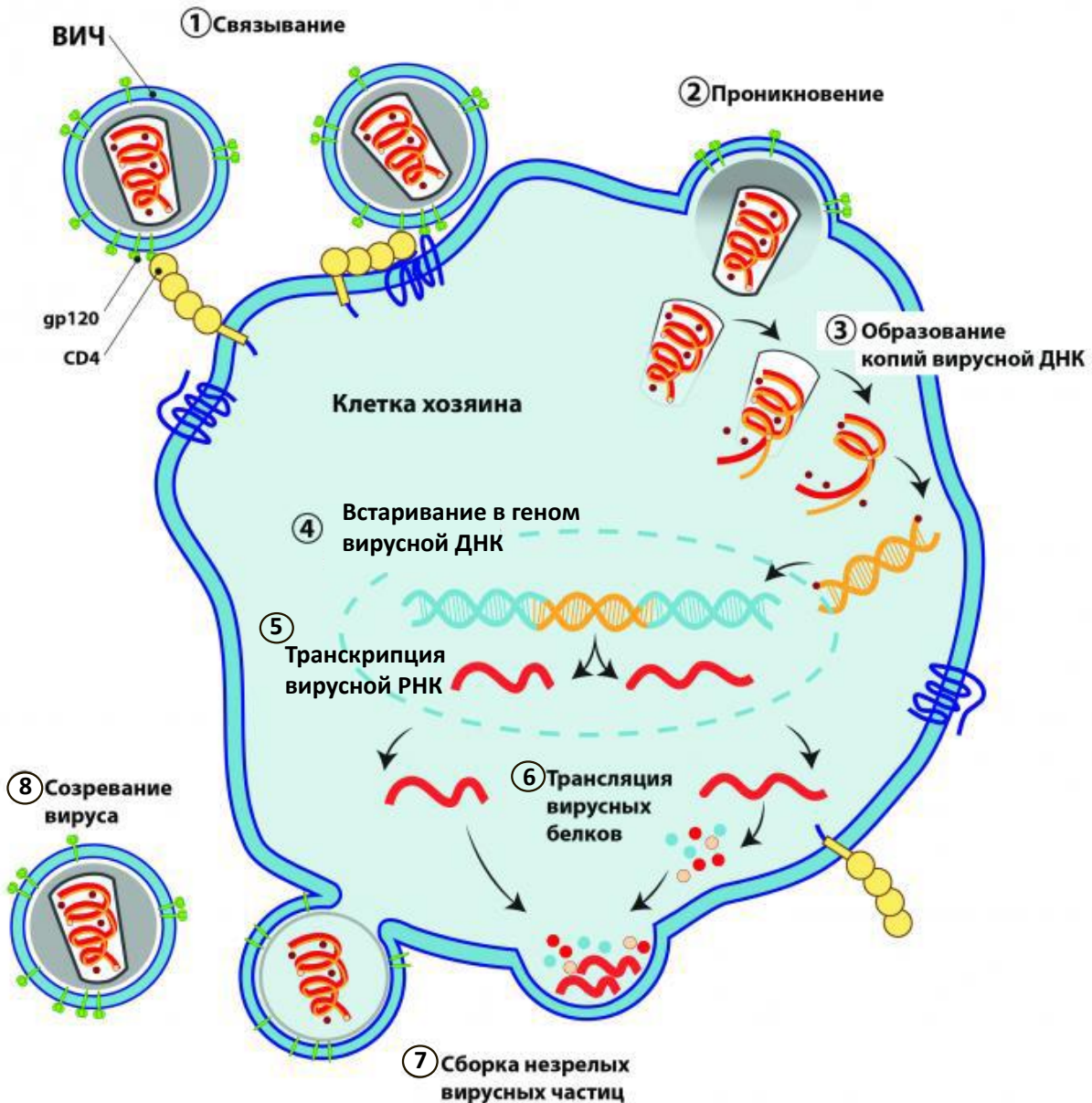


Проанализируйте схему и выберите правильные варианты ответа, соответствующие цифрам 1-4 на схеме:

- A) 1 – белки-киназы; 2 – белки-шапероны; 3 – протеасома; 4 – микротрубочка;
- B) 1 – убиквитин; 2 – белки-киназы; 3 – протеасома; 4 – микротрубочка;
- C) 1 – белки-шапероны; 2 – убиквитин; 3 – протеасома; 4 – фибрилла амилоида;
- D) 1 – белки-протеазы; 2 – белки-мусорщики; 3 – лизосома; 4 – амилоидная фибрилла.

**Задание 13 (ID 22) - 1 балл**

На рисунке представлен жизненный цикл вируса иммунодефицита человека (ВИЧ).



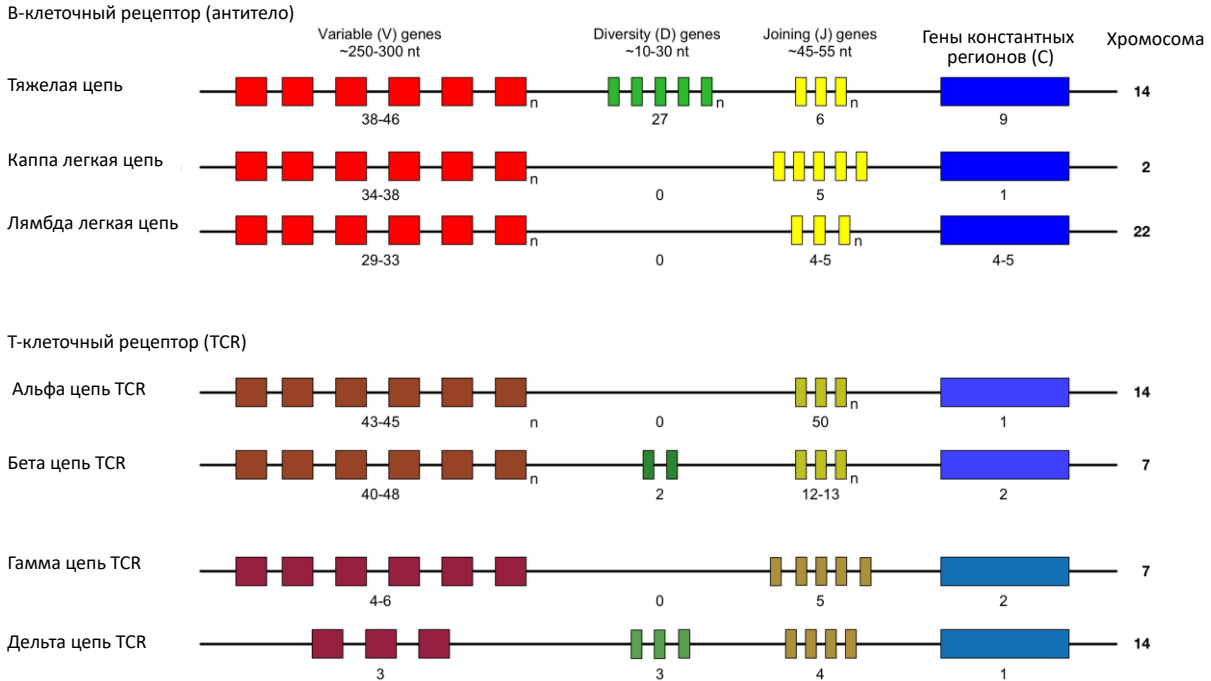
Выберете, какой фермент не нужен для реализации жизненного цикла ВИЧ в клетках человека:

- A) Вирусная РНК-зависимая РНК-полимераза;
- B) ДНК-зависимая РНК-полимераза II;
- C) Вирусная РНК-зависимая ДНК-полимераза;
- D) Интеграза.

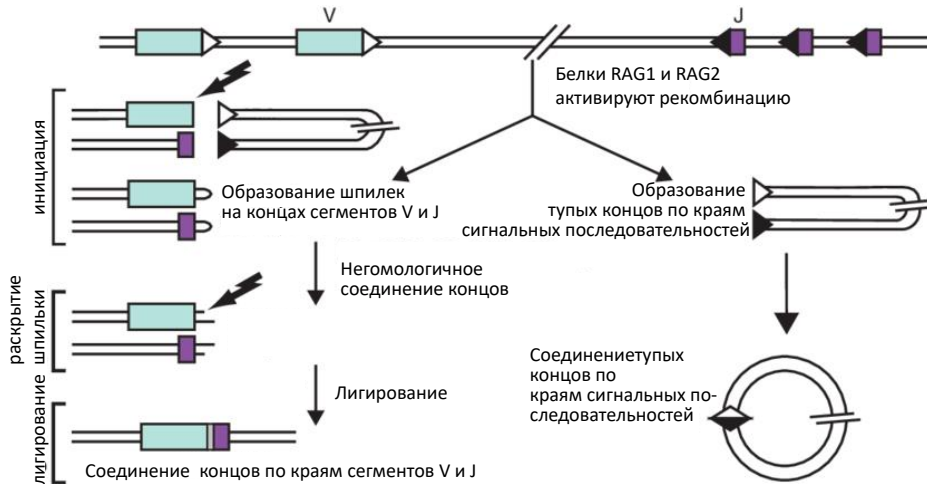
**Задание 14 (ID 23) – 1 балл**

**V(D)J рекомбинация обеспечивает разнообразие В и Т клеточных рецепторов, необходимое для адаптивной иммунной защиты от новых патогенов. Схема V(D)J рекомбинации представлена на рисунке ниже.**

**А) Расположение генов человека, кодирующих рецепторы к антигенам**



**Б) Схема V(D)J рекомбинации**



**Мутация в каком из приведенных генов приведет к тяжелому иммунодефициту, связанному по большей части с нарушенной продукцией только Т-клеток:**

- A) Гене белка, активирующего рекомбинацию;
- B) Гене  $\gamma$ -цепи рецептора CD3;
- C) Гене белка Ku70, участвующем в негомологичном соединении концов;
- D) Гене ДНК-лигазы IV.



### Задание 15 (ID 24) – 2 балла

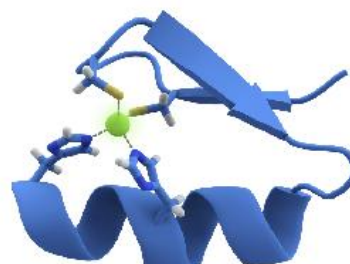
Нобелевский лауреат по химии (1982) Аарон Круг (англ. Aaron Klug) был одним из первооткрывателей структурного мотива белка, называемого цинковым пальцем. В этом мотиве ион цинка связан координационными связями с аминокислотными остатками в составе белка. Цинковые пальцы являются белковыми модулями, взаимодействующими с ДНК или РНК. Такой мотив характерен для многих ДНК-связывающих факторов транскрипции.

Аминокислотная последовательность CDGCDKR участвует в формировании цинкового пальца фактора транскрипции IIIA *Xenopus tropicalis*.

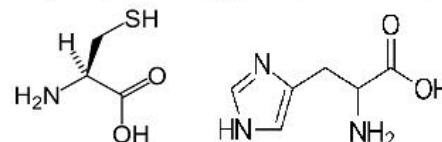
А) Таблица генетического кода

|                  |   | Второй нуклеотид   |  |   |   |                  |  |
|------------------|---|--|--|---|---|------------------|--|
|                  |   | U  | C  | A   | G   |                  |  |
| Первый нуклеотид | U | UUU } фенилаланин (F)<br>UUC }<br>UUA } лейцин (L)<br>UUG }                | UCU }<br>UCC } серин (S)<br>UCA }<br>UCG }   | UAU } тирозин (Y)<br>UAC }<br>UAA } стоп-кодон<br>UAG } стоп-кодон                        | UGU } цистеин (C)<br>UGC }<br>UGA } стоп-кодон<br>UGG } триптофан (W) | U<br>C<br>A<br>G |  |
|                  | C | CUU } лейцин (L)<br>CUC }<br>CUA }<br>CUG }                                | CCU }<br>CCC } пролин (P)<br>CCA }<br>CCG }  | CAU } гистидин (H)<br>CAC }<br>CAA }<br>CAG } глутамин (H)                                | CGU }<br>CGC } аргинин (R)<br>CGA }<br>CGG }                          | U<br>C<br>A<br>G |  |
|                  | A | AUU } изолейцин (I)<br>AUC }<br>AUA }<br>AUG } метионин (M)<br>старт-кодон | ACU }<br>ACC } треонин (T)<br>ACA }<br>ACG } | AAU } аспарагин (N)<br>AAC }<br>AAA } лизин (K)<br>AAG }                                  | AGU } серин (S)<br>AGC }<br>AGA } аргинин (R)<br>AGG }                | U<br>C<br>A<br>G |  |
|                  | G | GUU }<br>GUC } валин (V)<br>GUA }<br>GUG }                                 | GCU }<br>GCC } аланин (A)<br>GCA }<br>GCG }  | GAU } аспарагиновая<br>кислота (D)<br>GAC }<br>GAA } глутаминовая<br>кислота (E)<br>GAG } | GGU }<br>GGC } глицин (G)<br>GGA }<br>GGG }                           | U<br>C<br>A<br>G |  |

Б) Структура цинкового пальца



В) Аминокислоты, участвующие в координации иона цинка



Пользуясь информацией, изображенной на рисунке, выберите верное утверждение об этой аминокислотной последовательности у разных видов *Xenopus*:

А) У *Xenopus epitropicalis* аминокислотная последовательность, формирующая цинковый палец фактора транскрипции IIIA, такая же, как у *Xenopus tropicalis*: CDGCDKR. Такая аминокислотная последовательность может быть закодирована с помощью 512 различных вариантов нуклеотидных последовательностей.

В) У *Xenopus fraseri* нуклеотидная последовательность «TGTGATGGTTGTGAT ...» в норме кодирует полипептид CDGCDKR, участвующий в формировании цинкового пальца в факторе транскрипции IIIA. Однако эмбрион одной из особей *Xenopus fraseri* погиб, потому что этот фактор транскрипции оказался нефункциональным. В мотиве цинкового пальца у данного эмбриона вместо последовательности CDGCDKR, находилась последовательность CDWL, что лучше всего объясняется точечной мутацией, вызывавшей сдвиг рамки считывания.

С) У *Xenopus laevis*, аминокислотная последовательность, участвующая в формировании цинкового пальца фактора транскрипции IIIA, поменялась на CEGCDSR, что обусловлено двумя точечными мутациями.

Д) Аминокислотная последовательность WDGGDKR, формирующая часть цинкового пальца фактора транскрипции IIIA у эмбриона *Xenopus muelleri*, содержит в себе аминокислотные остатки, участвующие в координации иона цинка.

**Задание 16 (ID 25) – 1 балл**

Название опухолей происходит из типа клеток, давших начало опухоли, и степени злокачественности опухоли – способности проникать в прилежащие ткани и метастазировать в отдалённые органы. Например, доброкачественная опухоль из клеток жировой ткани – адипома, злокачественная – адипосаркома. Выберите правильную характеристику типа опухоли:

- A) Гемангиома – доброкачественная опухоль эндотелиального происхождения;
- B) Аденома – злокачественная опухоль мышечного происхождения;
- C) Астроцитомы – злокачественная опухоль эпителиального происхождения;
- D) Лейомиома – доброкачественная опухоль, происходящая из кровеносных клеток.

**Задание 17 (ID 26) – 1 балл**

Цитоскелет эукариот состоит из множества белков, выполняющих специализированные функции. На изображениях представлены отдельные сведения о строении белков, образующих фибриллярные структуры в клетке, а также структура моторных белков.

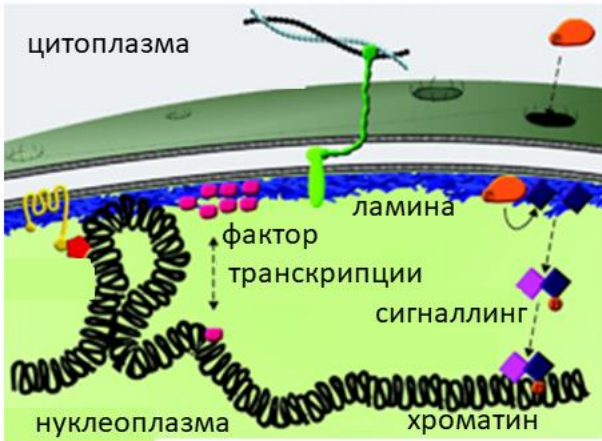
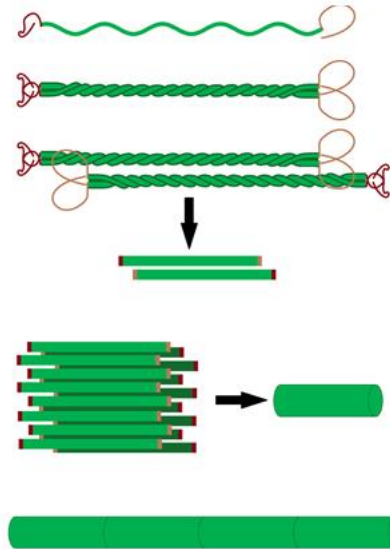


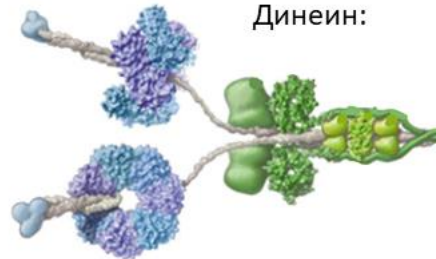
Схема сборки промежуточного филамента:



Кинезин:



Динеин:

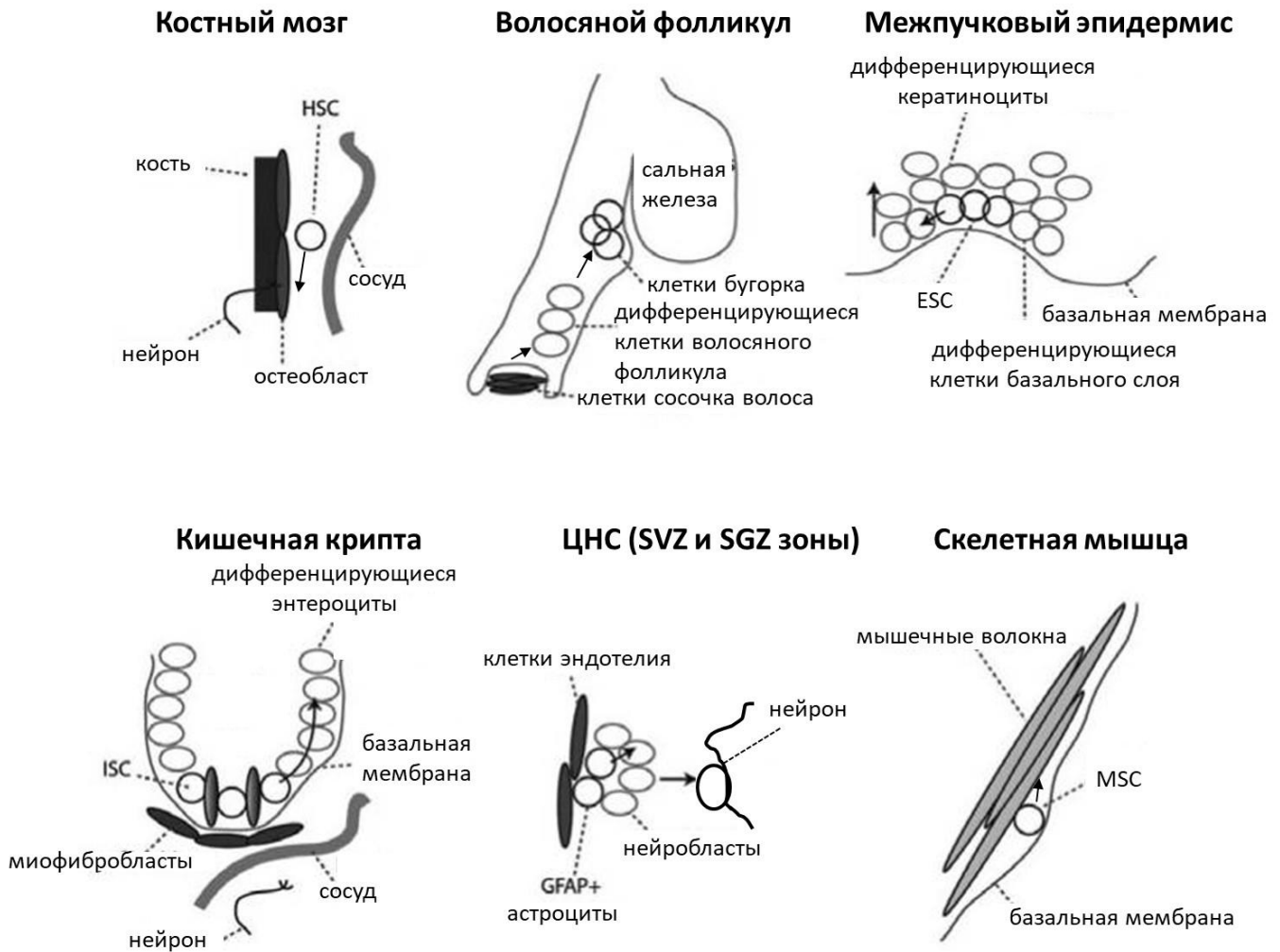


**Опираясь на приведённые изображения и свои знания, выберите верное утверждение:**

- A) Промежуточные филаменты участвуют в регуляции уровня экспрессии генов;
- B) Промежуточные филаменты обладают «+» и «-» концами;
- C) Абсолютно все моторные белки кинезины двигаются по микротрубочке в противоположном динеину направлению;
- D) Моторные домены кинезинов и динеинов имеют одинаковое строение.

**Задание 18 (ID 27) – 2 балла**

На схеме приведены ниши стволовых клеток некоторых тканей взрослого человека.

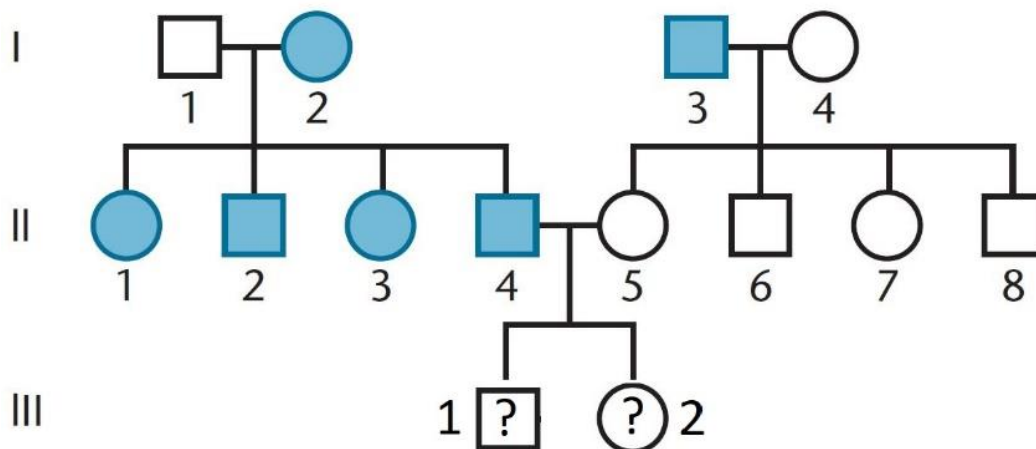


На основании схемы и известных вам сведений о биологии стволовых клеток выберите **верное утверждение:**

- A) Гематопозитические стволовые клетки (HSC) на протяжении всего онтогенеза не находятся в красном костном мозге;
- B) В субвентрикулярной (SVZ) и субгранулярной зонах (SGZ) мозга отсутствуют нейральные стволовые клетки;
- C) Стволовые клетки эпителия кишечника (ISC) могут дифференцироваться в нейроны;
- D) Клетки бугорка волосного фолликула могут дифференцироваться наибольшими путями по сравнению с остальными типами клеток волосного фолликула.

**Задание 19 (ID 28) - 1 балл**

Вам представлена схема наследования неизвестного генетического заболевания. Больные индивидуумы отмечены синим цветом. Мужчины обозначены квадратом, женщины - кругом.



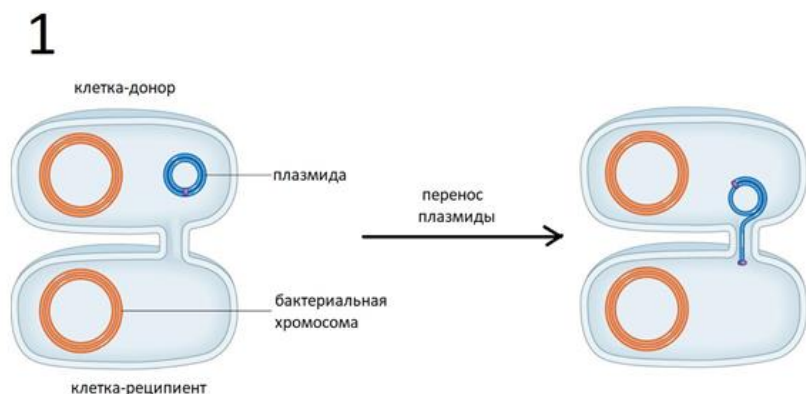
**Определите тип наследования заболевания и предположите фенотипы детей в поколении III:**

- A) Сцепленное с полом доминантное наследование, ребенок 1 здоров, ребенок 2 болен;
- B) Сцепленное с полом рецессивное наследование, оба ребенка больны;
- C) Голандрическое наследование, ребенок 1 болен, ребенок 2 здоров;
- D) Неядерное (митохондриальное) наследование, оба ребенка здоровы.



**Задание 20 (ID 29) – 1 балл**

Иногда для обмена генетическим материалом две соседние бактериальные клетки образуют цитоплазматический мостик и осуществляют однонаправленный перенос плазмиды через него. Такой процесс получил название «конъюгация». Плазмида донора линейризуется, а затем последовательно продвигается через цитоплазматический мостик в клетку реципиента (см. рисунок 1). В случае досрочного прерывания конъюгации переносится не вся плазмида, а только та часть, которая успела перейти в клетку-реципиента. На рисунке 2 представлена последовательность переноса генов от штаммов-доноров плазмиды к штамму-реципиенту.



2

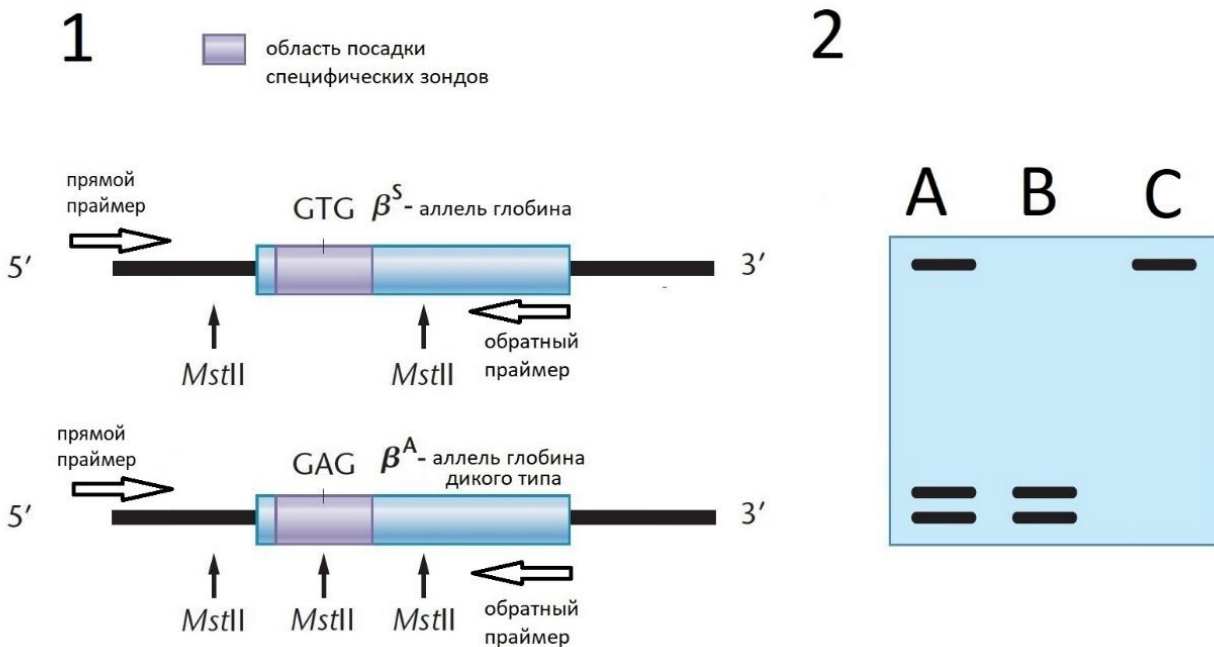
| Штамм | Порядок переноса генов |   |   |   |
|-------|------------------------|---|---|---|
|       | Т                      | С | Н | Р |
| 1     | Т                      | С | Н | Р |
| 2     | Н                      | Р | О | М |
| 3     | М                      | О | Р | Н |
| 4     | М                      | В | А | К |
| 5     | С                      | Т | К | А |

**Установите порядок расположения генов на передаваемой плазмиде:**

- A) АКТСНROMB;
- B) ТСНORBMAK;
- C) ТСНROMRHK;
- D) АКТСMBORT.

**Задание 21 (ID 30) – 2 балл**

Серповидно-клеточная анемия – аутосомно рецессивное генетическое заболевание, широко распространенное в популяции жителей Западной Африки, Индии и стран Ближнего Востока. Причиной серповидно-клеточной анемии является однонуклеотидная замена в гене бета-глобина, что приводит к образованию дефектного белка (кодон GAG, кодирующий глутаминовую кислоту, меняется на кодон GTG, кодирующий валин). Эта однонуклеотидная замена разрушает рестриктный сайт для ферментов MstII и CvnI, что используется для пренатальной диагностики серповидно-клеточной анемии и установления генотипов родителей. Для этого в ходе реакции ПЦР со специфическими праймерами амплифицируется последовательность гена бета-глобина. Полученный фрагмент подвергают действию рестриктазы MstII, после чего проводят анализ (окрашивание) полученных фрагментов по методу Саузерн-блот, гибридизуя их со специфическими флуоресцентными ДНК-зондами (см. рисунок 1). На рисунке 2 представлены результаты анализа трех плодов (А-С) со всеми возможными генотипами.



**Какой результат анализа с наибольшей вероятностью покажет плод двух родителей, гетерозиготных по данной мутации:**

- A) Результат А;
- B) Результат В;
- C) Результат С;
- D) Результат В или С наиболее вероятны.

**Задание 22 (ID 31) – 1 балл**

Суть модели экологической сегрегации, описанной А.Г. Креславским, заключается в том, что начало новому виду дает группа особей, первоначально уступающая исходному виду в приспособленности, путем занятия новой экологической ниши в рамках того же биотопа. Исходный же вид остается неизменным. Эта модель описывает возможный механизм следующего типа видообразования:

- A) Симпатрического;
- B) Аллопатрического;
- C) Перипатрического;
- D) Парapatрического.

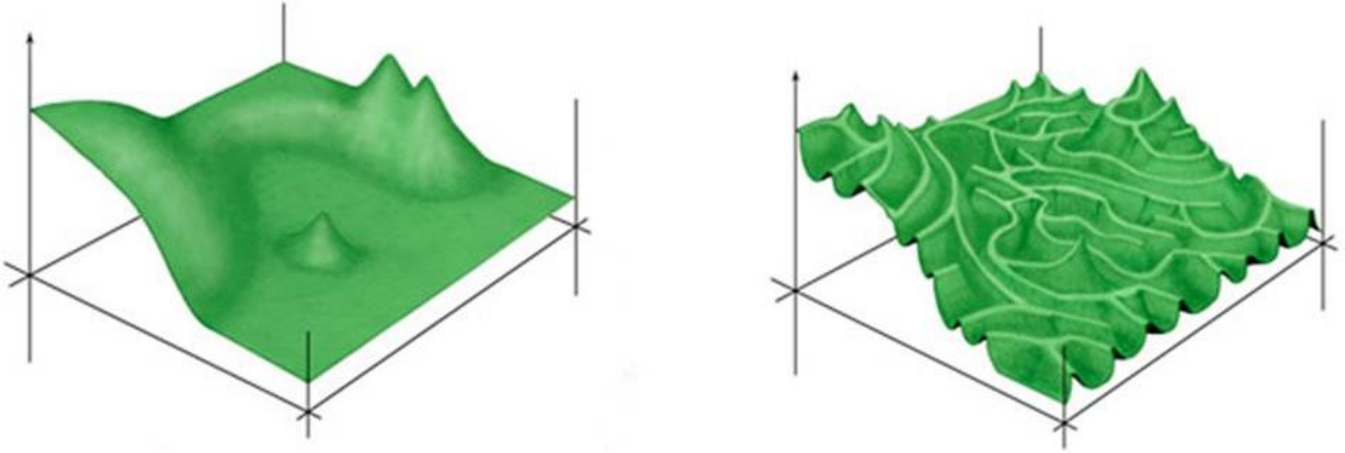
**Задание 23 (ID 32) – 1 балл**

**Островной гигантизм** — биологический феномен, при котором величина отдельных видов животных (и даже растений), обитающих на изолированном острове, может быстро увеличиваться в ходе эволюции. Важно отличать это явление от случаев, когда ранее широко распространенная группа крупных животных сохраняется лишь на изолированных территориях. Частой особенностью островного гигантизма (также, как и островной карликовости) служит снижение защищенности от хищников. Примером островного гигантизма может служить:

- A) Комодский варан (*Varanus komodoensis*);
- B) Галапагосская черепаха (*Chelonoidis elephantopus*);
- C) Гребнистый крокодил (*Crocodylus porosus*);
- D) Маврикийский дронт (*Raphus cucullatus*).

**Задание 24 (ID 33) – 2 балла**

Ландшафт приспособленности представляет собой многомерное пространство всех возможных путей эволюции. На практике эта модель строится в упрощенном виде для конкретного пептида, по горизонтальным осям располагаются варианты аминокислот, а по вертикали – эффективность выполнения функции.



На иллюстрации выше представлены два ландшафта приспособленности для одного и того же белка. Чем, в первую очередь, определяются различия в «выравненности» рельефа ландшафта в первом и втором случае?

- A) Эпистазом (когда проявление гена зависит от других генов, в том числе неаллельных);
- B) Размером популяции (объемом её генофонда);
- C) Пloidности генома (количества копий хромосом);
- D) Скоростью мутагенеза (количества появления мутаций в единицу времени).

## **Часть В. Тестовые задания с множественным выбором (верно/неверно)**

Во всех заданиях данной части в начале идет условие, а затем шесть вариантов ответа (под буквами от А до F). Участникам необходимо определить, является ли каждый из вариантов ответа верным (подходит под формулировку задания) или неверным (не подходит под формулировку задания). В каждом задании может быть от 0 до 6 верных вариантов ответа.

### **Система оценки:**

За каждое правильно отмеченное утверждение можно получить 0,5 балла

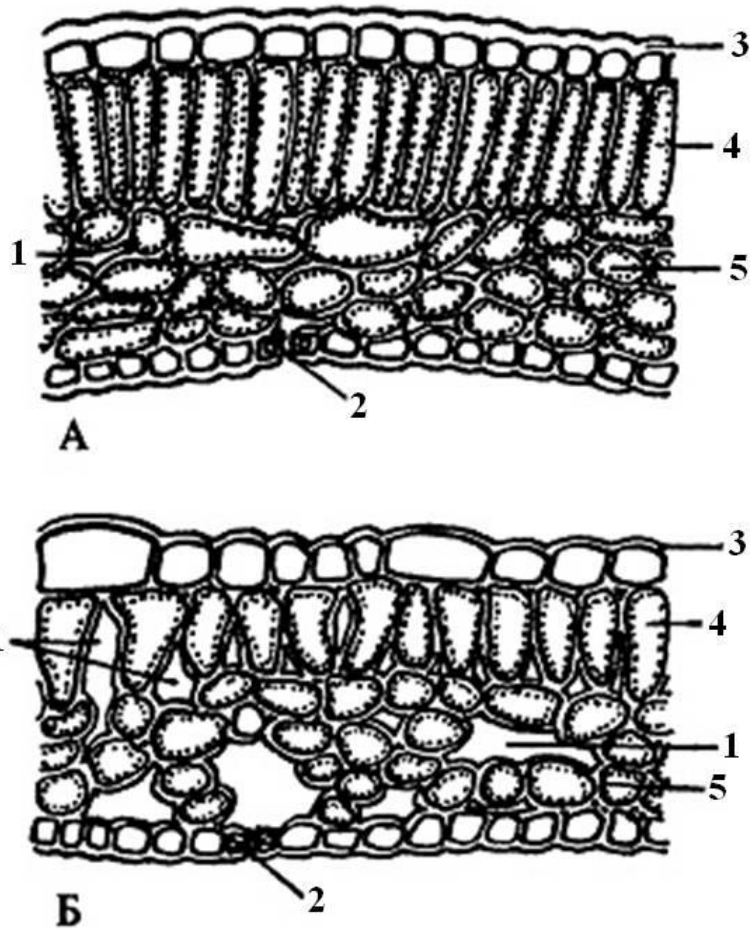
За каждое неправильно отмеченное утверждение – 0 баллов

**Ответы «верно» подчеркнуты**



**Задание 25 (ID 34) – 3 балла**

На рисунке показаны поперечные срезы светового и теневого листьев герани лесной (*Geranium sylvaticum* L.).

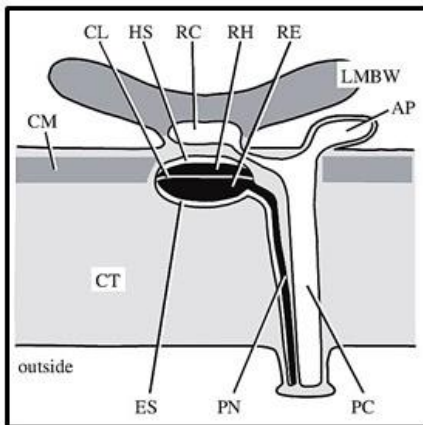
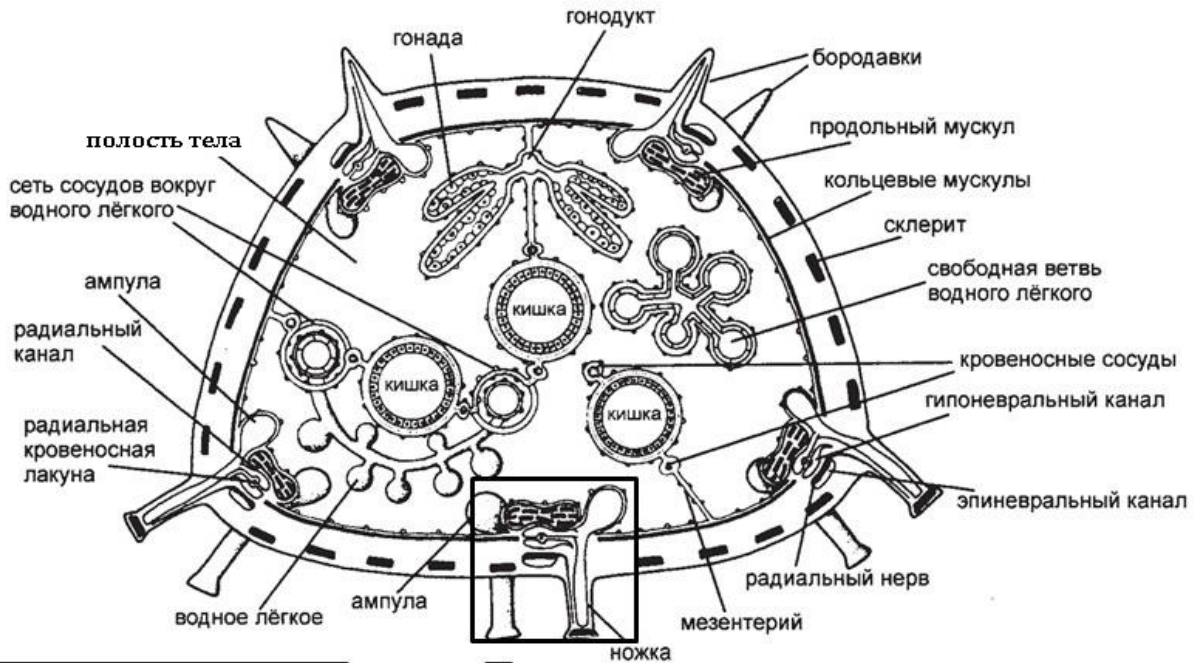


Для каждого из представленных ниже суждений определите, является оно верным или неверным:

- A) под буквой А показан теневой лист;
- B) кутикула на поверхности верхней эпидермы светового листа толще, чем у теневого листа;
- C) толщина столбчатого мезофилла у светового и теневого листьев одинакова;
- D) структура под цифрой 2 участвует в газообмене как у светового, так и у теневого листьев;
- E) губчатый мезофилл показан под цифрой 5;
- F) световые листья не участвуют в дыхании, так как их основная функция – фотосинтез.

**Задание 26 (ID 36) – 3 балла**

На иллюстрации изображён поперечный срез некоего взрослого морского червеобразного организма.



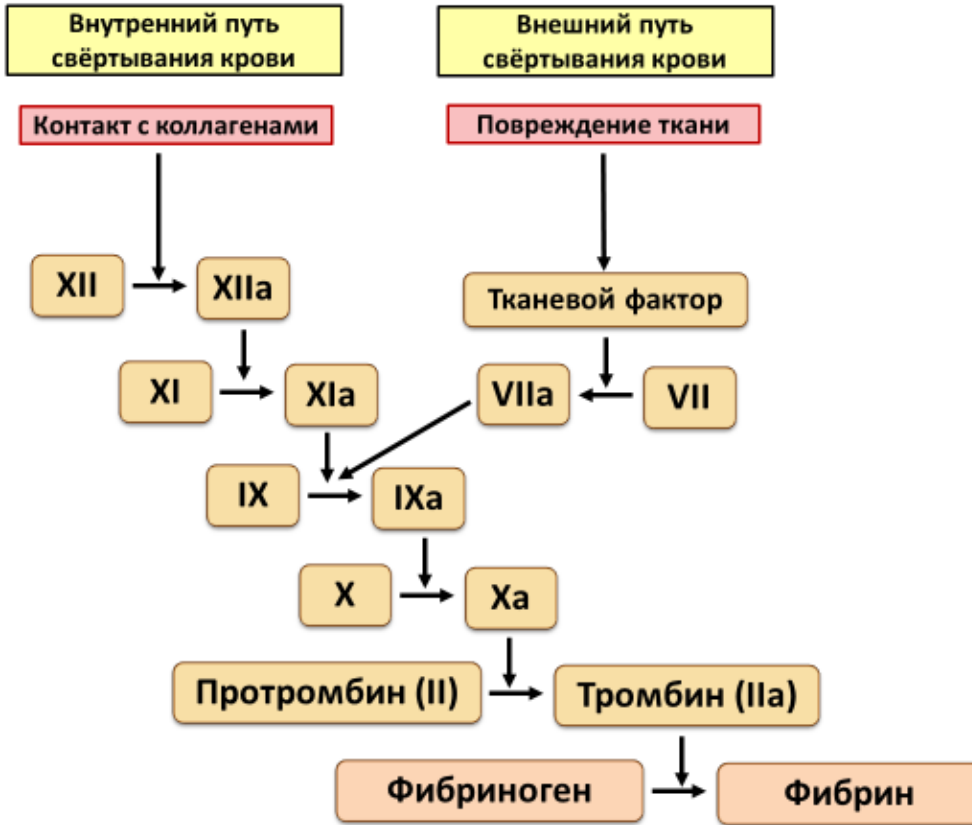
- AP – «Ампула»;
- CL – Слой соединительной ткани;
- CM – Кольцевые мускулы;
- CT – Соединительная ткань дермы;
- RE – Эктоневральная часть радиального нерва;
- ES – Эпиневральный канал;
- RH – Гипоневральная часть радиального нерва;
- HS – Гипоневральный канал;
- LMBW – Продольный мускул;
- PC – Канал ножки;
- PN – Нерв ножки;
- RC – Радиальный канал

Для каждого из следующих утверждения, касающихся данного организма, отметьте является оно верным или неверным:

- A) Данный организм, вероятно, ведёт бентосный образ жизни;
- B) Данный организм имеет вторично-приобретенную билатеральную симметрию тела;
- C) Данный организм, вероятно, имеет протонефридальную выделительную систему на взрослой стадии;
- D) Данный организм имеет целом – вторичную полость тела;
- E) Данный организм имеет амбулакральную (водоносную) систему, необходимую для локомоции;
- F) Спинные бородавки и ножки не связаны общим происхождением в эволюции и сходным онтогенезом.

**Задание 27 (ID 38) – 3 балла**

Свёртывание крови – процесс, возникающий при нарушении целостности стенок кровеносных сосудов для остановки кровотечения. Перед вами схема свёртывания крови. Неактивные формы факторов свёртывания крови на схеме обозначены римскими цифрами, активные формы – римскими цифрами с буквой «а».

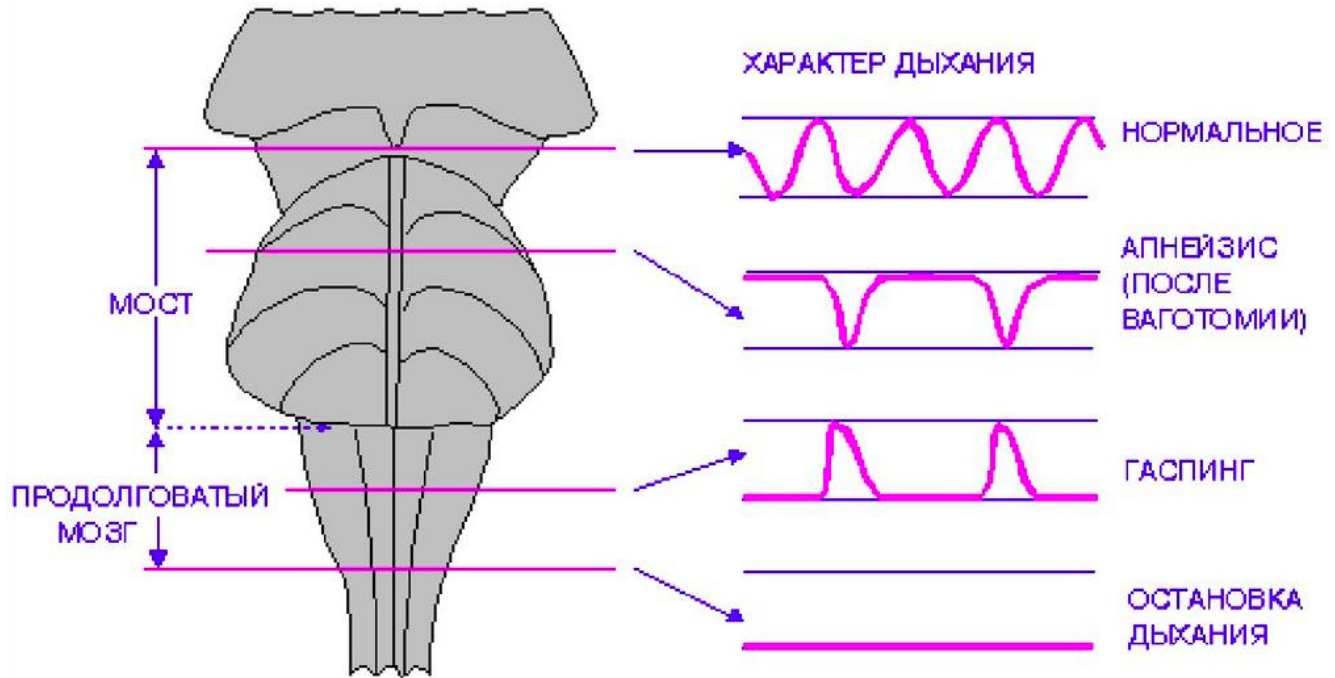


Проанализируйте представленную схему и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

- A) Недостаток фактора IX приводит к более тяжёлым последствиям, чем недостаток фактора XI;
- B) Основным белком, образующим тромб, является тромбин;
- C) Увеличение поступления с пищей витамина K, необходимого для синтеза нескольких факторов свёртывания крови, может приводить к кровотечениям;
- D) Активация факторов свёртывания крови происходит при помощи ограниченного протеолиза;
- E) Реакции, изображённые на схеме, протекают внутри тромбоцитов;
- F) Наличие петель отрицательной обратной связи способствует распространению тромба.

**Задание 28 (ID 39) – 3 балла**

На рисунке представлена схема опытов, в которых регистрировались паттерны дыхания после перерезки тех или иных отделов головного мозга и нервов. Места перерезки на схеме мозга отмечены фиолетовыми линиями.



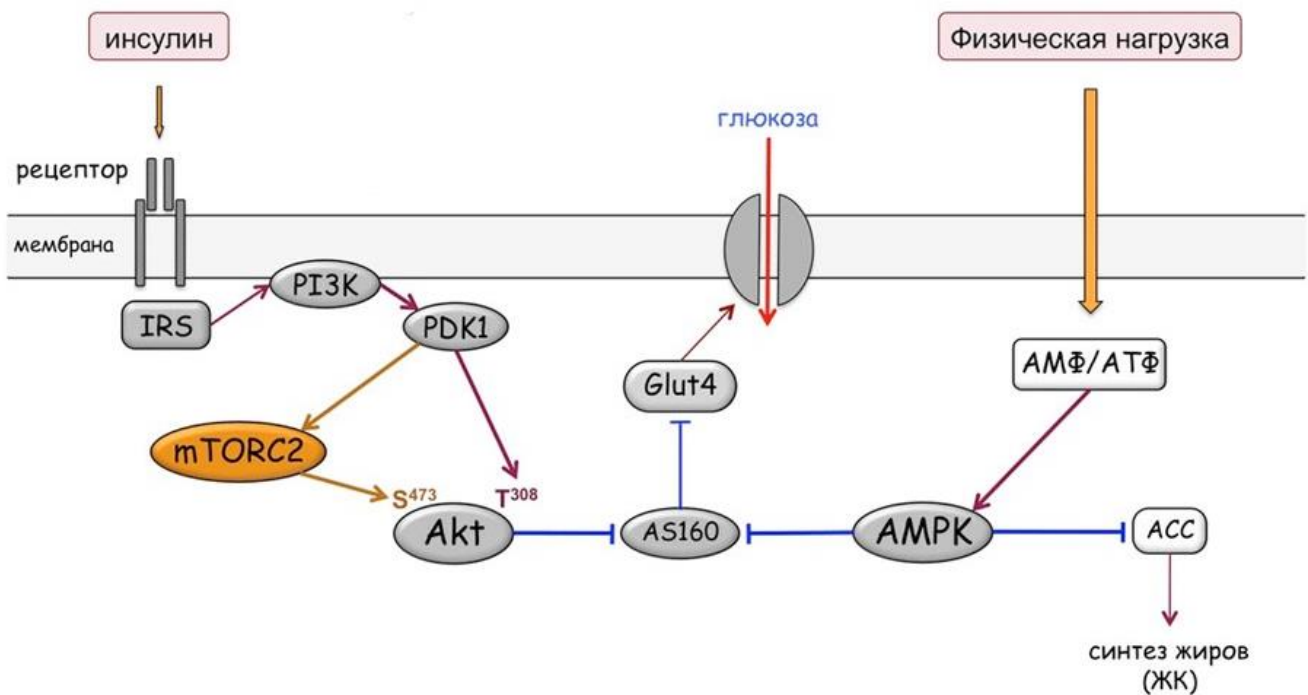
**Примечание:** ваготомия — перерезка блуждающего нерва (вагуса).

Исходя из представленных данных для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

- A) Паттерны дыхания отчасти регулируются афферентными волокнами блуждающего нерва (X пара);
- B) Первичный генератор дыхательного ритма расположен в продолговатом мозге;
- C) Для нормального дыхания нужны влияния от коры головного мозга;
- D) Для нормального дыхания необходима связь с периферическими рецепторами;
- E) Гаспинг возникает в результате потери связи с ядрами моста;
- F) Апнейзис возникает в результате нарушения связи между промежуточным и средним мозгом.

**Задание 29 (ID 40) – 3 балла**

На рисунке представлена упрощенная схема метаболического сопряжения систем потребления глюкозы с системой синтеза жирных кислот. В закрашенных прямоугольниках и овалах указаны сокращенные названия белков-регуляторов. IRS – субстрат инсулинового рецептора, PI3K – фосфатидилинозитол-3-киназа, PDK1 – фосфоинозитид зависимая киназа 1, mTORC2 – киназа мастер-регулятор, Akt – протеинкиназа B, AS160 – субстрат протеинкиназы B и AMPK, Glut4 – транспортер глюкозы, AMPK – АМФ-зависимая протеинкиназа, ACC – синтаза жирных кислот. S473 и T308 соответствуют аминокислотным остаткам, подвергающимся фосфорилированию. Положительная активирующая связь между участниками системы показана острой стрелкой (→), ингибирующее воздействие показано тупой стрелкой (⊣).



Проанализируйте представленную схему и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

- A) Для активации входа глюкозы в клетку необходимо одновременное действие PDK1 и mTORC2 на Akt;
- B) Физическая нагрузка снижает вход глюкозы в клетку;
- C) При физической нагрузке соотношение АМФ/АТФ увеличивается;
- D) PI3K локализована вблизи плазматической мембраны;
- E) Активация Akt блокирует действие AS160;
- F) Запуск синтеза жирных кислот происходит при увеличении доли АМФ.

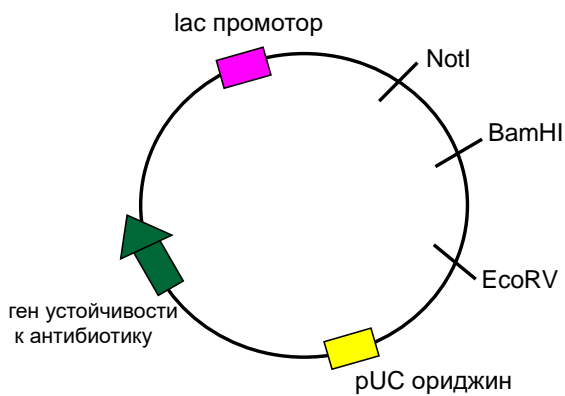


**Задание 30 (ID 41) – 3 балла**

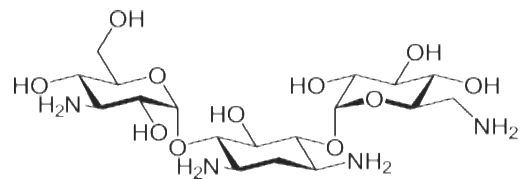
Рекомбинантный белок может быть использован в качестве иммуногена для вакцинации населения. Перед Вами стоит задача клонировать последовательность, кодирующую S-белок коронавируса SARS-CoV2 с 6His-тэгом на С-конце (рисунок Б) в вектор, схема которого изображена на рисунке А. В дальнейшем предполагается введение получившейся плазмиды в клетки *E. coli* и наработка (экспрессия) рекомбинантного S-белка в них, с последующей его очисткой за 6His-тэг с помощью аффинной хроматографии.

Для выполнения задачи по клонированию Вам предлагается использовать генно-инженерные методы: рестрикцию ДНК с помощью рестриктаз с последующим лигированием полученных фрагментов ДНК. Сайты ДНК, узнаваемые рестриктазами, представлены на рисунке В.

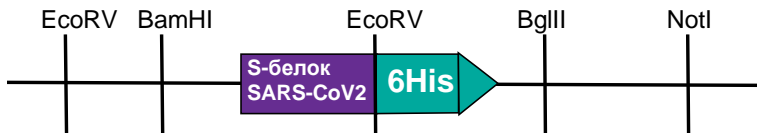
А. Упрощенная схема вектора для экспрессии целевого белка.



Г. Структурная формула канамицина.



Б. Схема фрагмента ДНК, который кодирует S-белок SARS-CoV2, слитого с 6His-тэгом.



В. Последовательности, которые узнаются четырьмя рестриктазами. Красным показано, где рестриктаза вносит разрыв в цепи ДНК.

|               |                        |               |                    |
|---------------|------------------------|---------------|--------------------|
| <b>BamHI:</b> | G GATCC<br>CCTAG G     | <b>EcoRV:</b> | GAT ATC<br>CTA TAG |
| <b>NotI:</b>  | GC GGCCGC<br>CGCCGG CG | <b>BglII:</b> | A GATCT<br>TCTAG A |

Для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

- А) Для получения целевой молекулярно-генетической конструкции нужно подвергнуть имеющиеся препараты ДНК рестрикции по сайту EcoRV с последующим лигированием;
- В) Для получения целевой молекулярно-генетической конструкции нужно подвергнуть имеющиеся препараты ДНК рестрикции по сайтам BamHI и NotI с последующим лигированием;
- С) Для получения целевой молекулярно-генетической конструкции нужно подвергнуть имеющиеся препараты ДНК рестрикции по сайтам BamHI и BglII с последующим лигированием;
- Д) Последовательность, кодирующая S-белок коронавируса с 6His-тэгом на С-конце, должна быть клонирована в целевой вектор так, чтобы она оказалась в одной рамке считывания с lac-промотором;

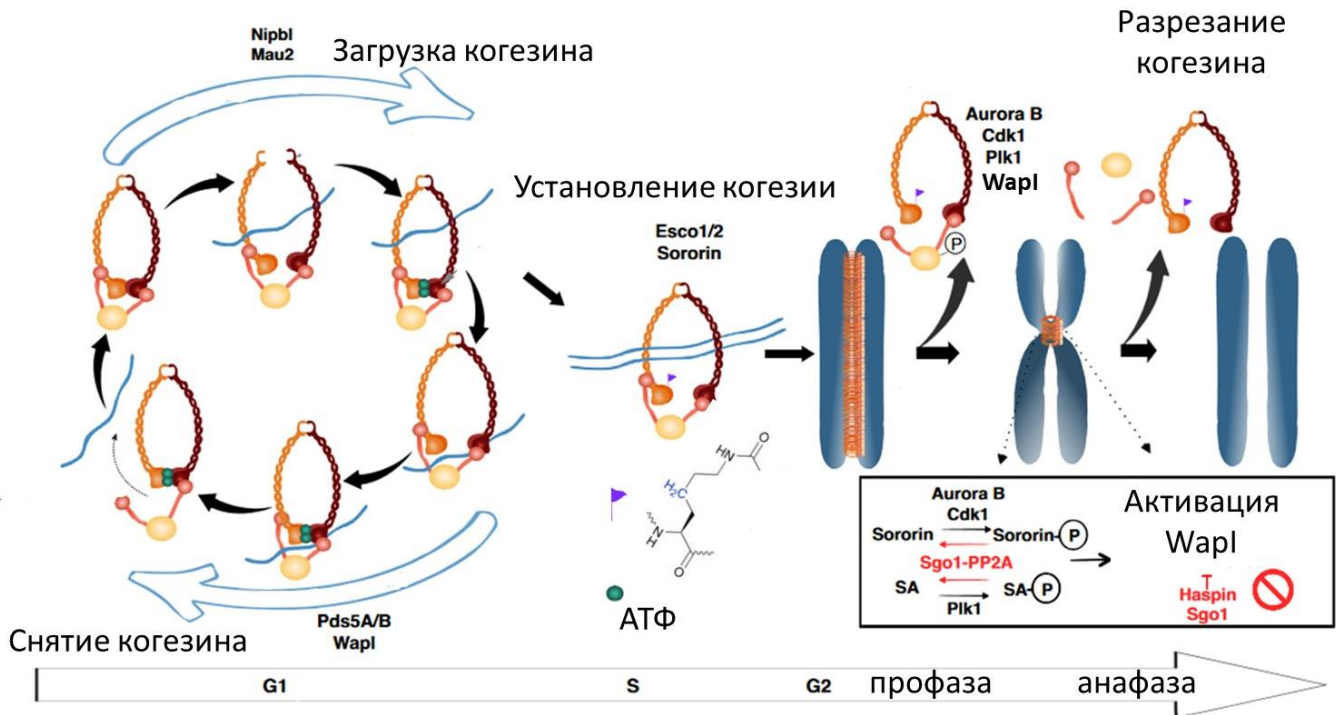


Е) Для отбора бактерий, получивших целевую плазмиду, в питательную среду для культивирования нужно добавить антибиотик канамицин (см. рисунок Г), который не нарушает рост и деление клеток с плазмидой, потому что она кодирует ген устойчивости к данному антибиотику;

Ф) Для индукции экспрессии рекомбинантного S-белка коронавируса с 6His-тэгом на С-конце в бактериях, трансформированных полученной целевой плазмидой, в среду для культивирования нужно добавить негидролизруемый аналог лактозы – ИПТГ (изопропил-β-D-1-тиогалактопиранозид), который активирует транскрипцию с *lac*-промотора.

**Задание 31 (ID 42) – 3 балла**

Когезины – белковые комплексы, тесно связанные с хроматином и регулирующие когезию сестринских хроматид в интерфазе и митозе, гомологическую рекомбинацию и трехмерную структуру генома. Схема, описывающая взаимодействия когезина на протяжении клеточного цикла, приведена ниже:



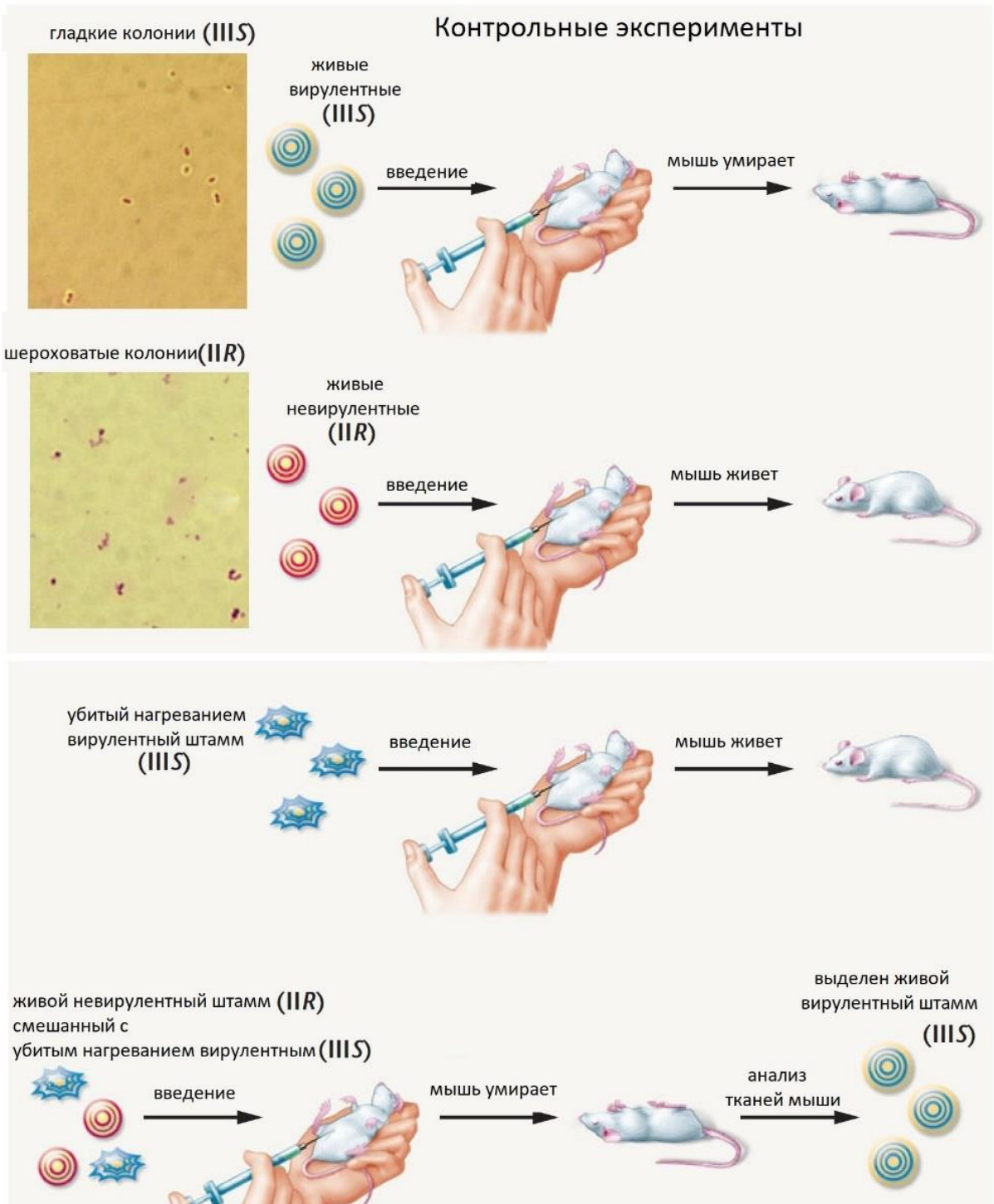
Проанализируйте представленную схему и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

- A) Диссоциация когезинового комплекса от хромосом происходит только за счёт протеолитического расщепления;
- B) Диссоциация когезинового комплекса от хромосом регулируется активностью киназ;
- C) Белки Mau2 и Nipbl отвечают за посадку когезинового комплекса на хромосомы в митозе;
- D) Белок Wapl отвечает за снятие когезинового комплекса с хроматина;
- E) Компоненты когезинового комплекса подвергаются посттрансляционным модификациям по типу ацетилирования по остаткам лизина;
- F) Когезиновые комплексы не имеют сайтов связывания АТФ.

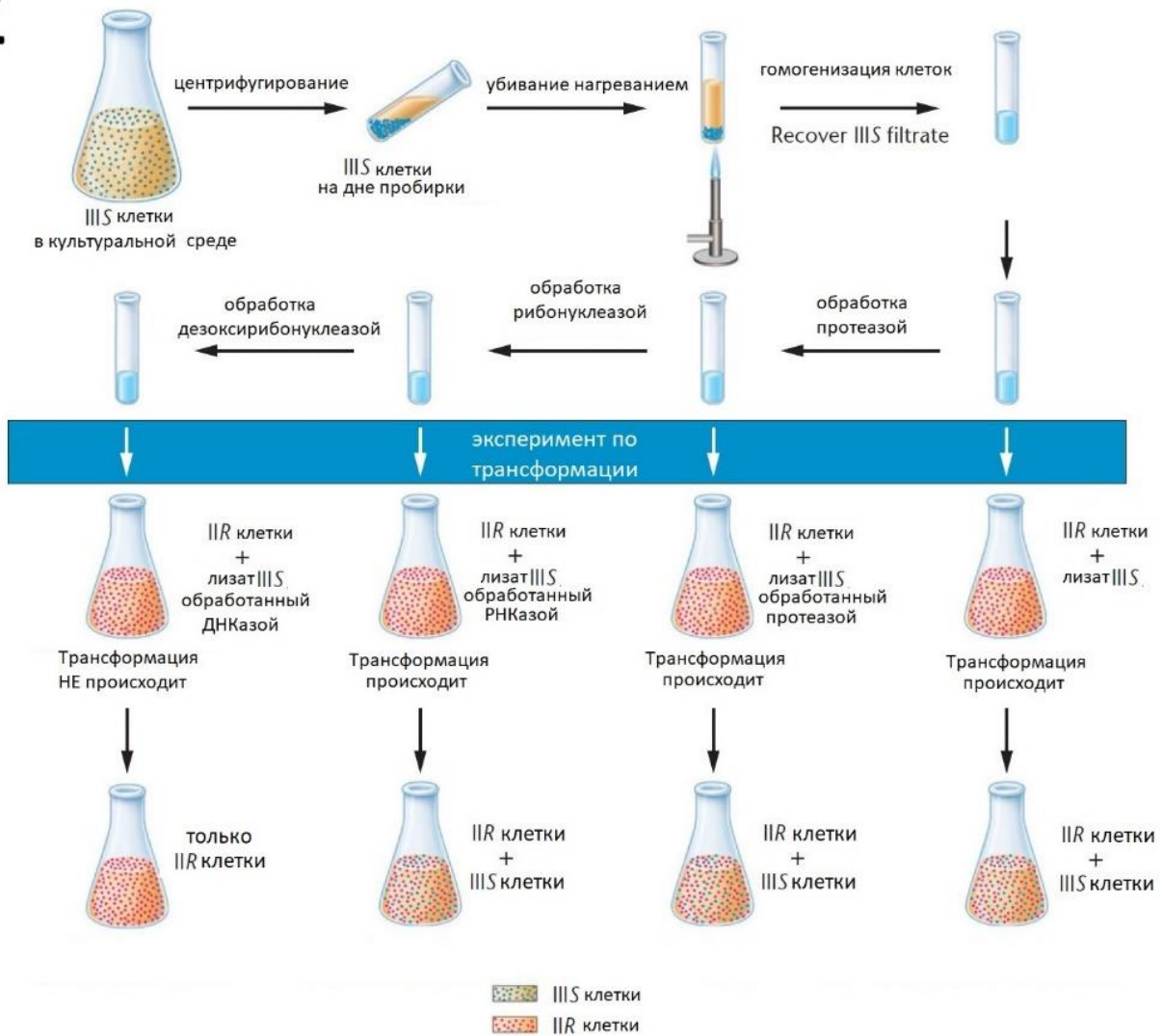
**Задание 32 (ID 43) – 3 балла**

На заре молекулярной биологии многие ученые ломали голову над молекулярной природой агента, хранящего и передающего генетическую информацию. Ниже представлены схема эксперимента Гриффита (рисунок 1) и эксперимента Эвери (рисунок 2). В ходе опытов ученые исследовали вирулентные (III S) и невирулентные (II R) штаммы бактерии *Streptococcus pneumoniae*, их влияние на лабораторных мышей и превращение невирулентных штаммов в вирулентные в ходе процесса трансформации.

1



2

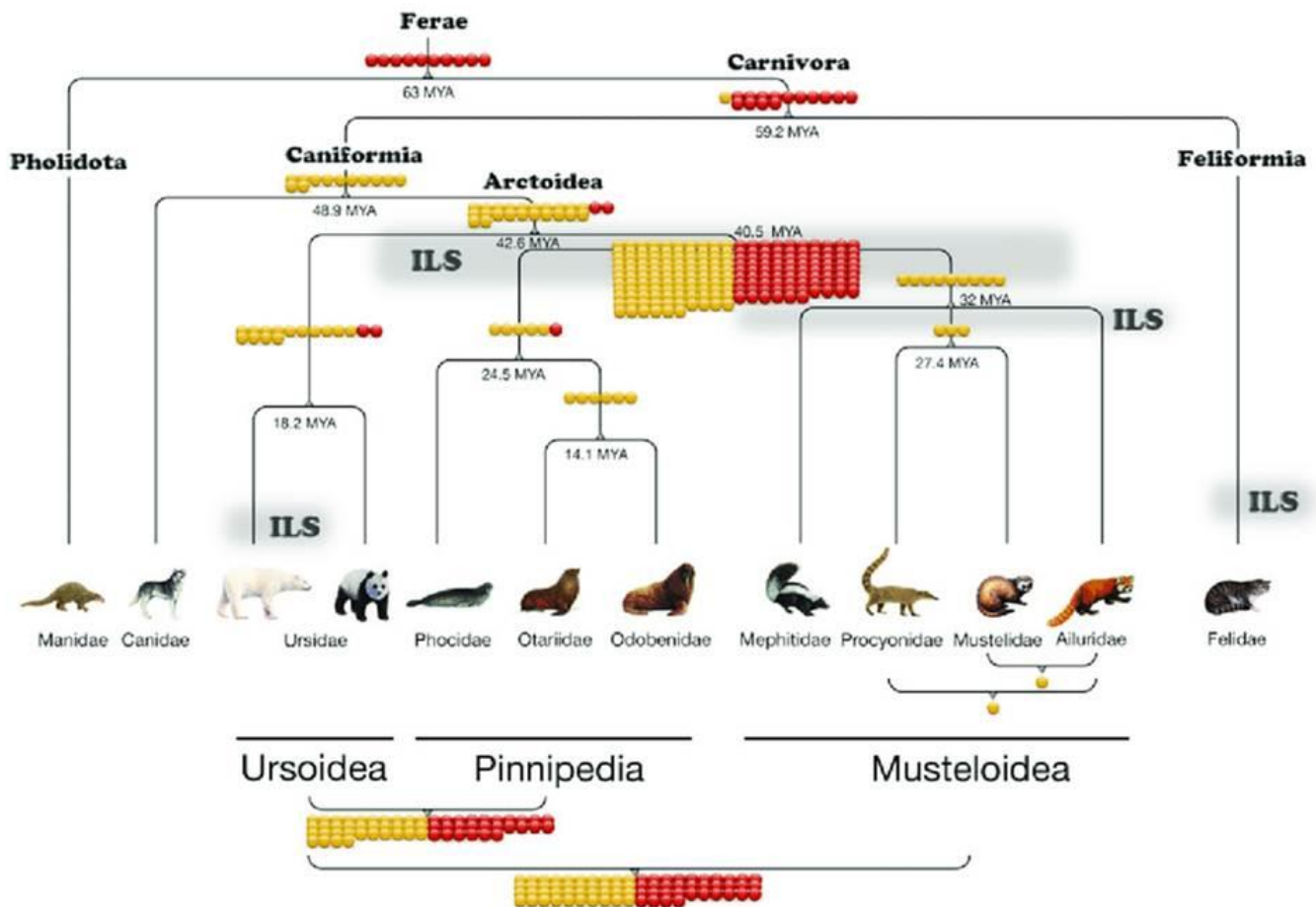


**Проанализируйте представленные схемы и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:**

- A) Мыши умирают от штамма III S, но устойчивы к штамму IIR;
- B) Эксперимент Гриффитса однозначно показывает, что генетическую информацию передает ДНК;
- C) Эксперимент Эвери однозначно показывает, что генетическую информацию передает ДНК;
- D) При смешивании мертвого III S и живого IIR штамма мертвые клетки оживают
- E) Обработка лизата штамма III S протеазой лишила его возможности трансформировать штамм IIR;
- F) Обработка лизата штамма III S ДНКазой лишила его возможности трансформировать штамм IIR.

**Задание 33 (ID 44) – 3 балла**

Систематика отряда хищные (Carnivora) класса млекопитающие (Mammalia) активно уточняется с использованием молекулярных методов. Современные исследования используют огромные объемы данных и большое число разнообразных маркеров. Ниже представлена дендрограмма, построенная на основе полногеномного анализа ретротранспозонов (Doronina et al., 2015). В рамках этого исследования весь геном большого числа видов хищных (Carnivora), относимых к Собакообразным (Caniformia), и некоторых других анализировался на предмет длинных диспергированных повторов (Long interspersed nuclear elements, LINEs) и коротких диспергированных повторов (Short interspersed nuclear elements, SINEs). На дендрограмме желтыми шариками обозначено количество маркеров LINEs, объединяющих ветви, исходящие из предполагаемого узла, а красными – маркеры SINEs. Под узлами приведено аппроксимированное время дивергенции (MYA, million years ago, миллион лет назад). Под монофилией понимают происхождение всех представителей группы от одного общего предка, когда данная группа включает в себя всех потомков соответствующего общего предка. Современная систематика стремится использовать лишь монофилетические группы.



Проанализируйте представленную дендрограмму и для каждого из следующих утверждений укажите является оно верным или неверным:

- A) полученные данные не позволили статистически достоверно показать монофилию куньих (Mustelidae) и малых панд (Ailuridae);
- B) ластоногие (Pinnipedia) – монофилетическая группа по результатам этого исследования;
- C) большое число маркеров поддерживают монофилию клады, объединяющей большую панду (Ailuropoda melanoleuca) и малых панд (Ailuridae);

- D) исходя из результатов обсуждаемой работы, предполагаемые предки Ластоногих (Pinnipedia) наиболее близки к предкам медвежьих (Ursoidea);
- E) диверсификация группы Ferae, объединяющей сестринские отряды Панголинов (Manidae) и Хищных (Carnivora) началась незадолго после начала кайнозойской эры;
- F) собачьи (Canidae) могут быть рассмотрены как внешняя группа для клады Arctoidea.



## **Часть С. Задания на сопоставление элементов**

В заданиях данной части участникам необходимо проанализировать различные фотографии, рисунки, схемы (отмечены арабскими цифрами) и сопоставить им элементы из двух списков, приведенных ниже (отмечены латинским буквами и римскими цифрами). В качестве ответа в каждом задании участники должны провести стрелки между сопоставляемыми элементами.

### **Система оценки:**

За каждое верно указанное соответствие между элементами 1 и 2 рядов или 2 и 3 рядов участник получает 0,5 балла.

За каждое неверное соответствие – 0 баллов.

### Задание 34 (ID 46) – 6 баллов

Многолетние декоративно-цветущие растения пользуются популярностью у садоводов-любителей и профессионалов благодаря своей неприхотливости и крупному размеру цветков. Высаженная на одном месте, многолетняя культура радуется своим цветением из года в год. Большинство многолетников имеют видоизменные побеги для переживания неблагоприятных условий и легко размножаются вегетативно.

В этом задании вам предложены фотографии популярных садовых растений. Соотнесите их изображения с описанием подземных и генеративных органов.



**Характеристика подземных органов (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- A) Видоизмененный побег – луковица, запас питательных веществ локализован в листьях низовой формации;
- B) Видоизмененный побег – луковица; запас питательных веществ локализован в основаниях листьев срединной формации;
- C) Видоизмененный побег – луковица, запас питательных веществ локализован в почках;
- D) Видоизмененный побег – клубнелуковица, запас питательных веществ локализован в стебле;
- E) Видоизмененный побег – короткое корневище;
- F) Видоизмененный побег – длинное корневище;
- G) Видоизмененный побег – стolon;
- H) Видоизмененные побеги – стolon и клубень;
- I) Видоизмененные корни – «корневые шишки»;
- J) Видоизменения подземных органов отсутствуют;

**Формула цветка и тип соцветия:**

- I)  $\uparrow O_{3+3} T_3 P_{(3)}$ ; соцветие – простой колос;
- II)  $*O_{(3+3)} T_{3+3} P_{(3)}$ ; соцветие – простая кисть;
- III)  $*O_{3+3} T_3 P_{(3)}$ ; цветки одиночные;
- IV)  $*O_{3+3} T_{3+3} P_{(3)}$ ; соцветие – простой зонтик;
- V)  $\uparrow L_{(3)} T_0 P_{(2)}$  и  $*L_{(5)} T_{(5)} P_{(2)}$ ; соцветие – корзинка;
- VI)  $*C_{(4)} L_{(4)} T_0 P_0$  и  $*C_{(4)} L_{(4)} T_8 P_{(2)}$ ; соцветие – метелка;

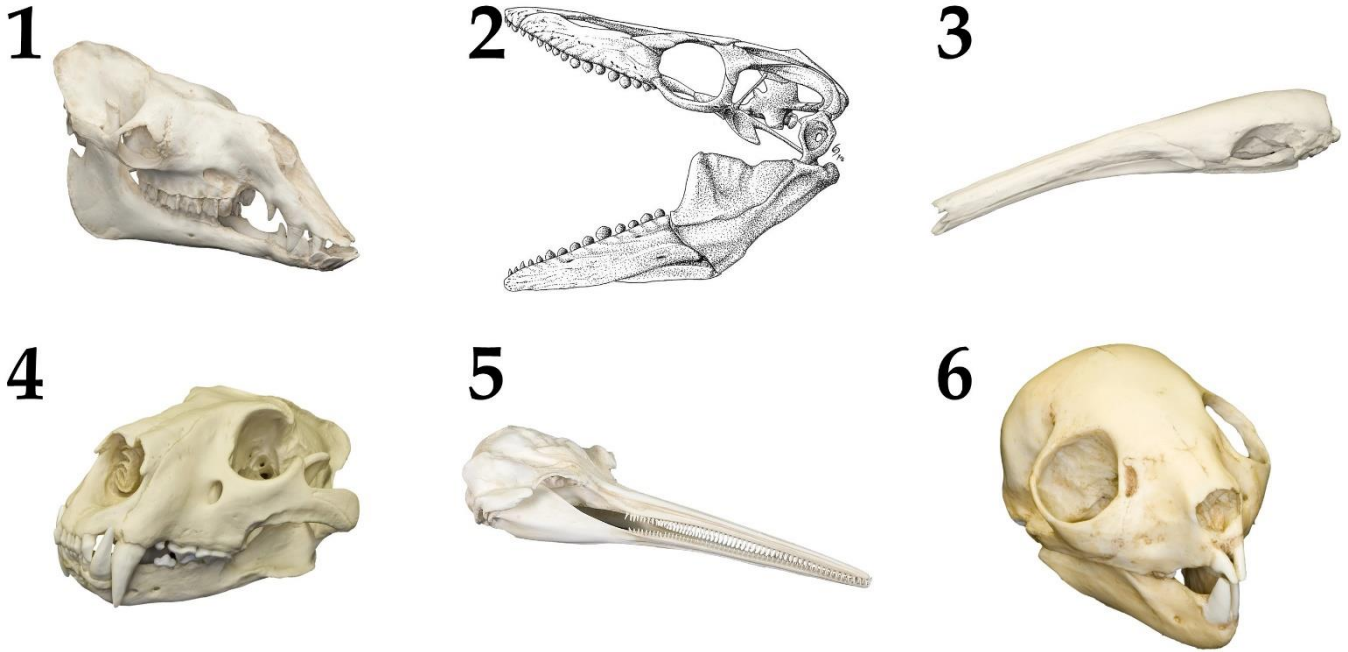
**Ответ:**

| <b>Картинка</b>               | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Подземный орган               | F        | A        | J        | B        | I        | D        |
| Формула цветка и тип соцветия | II       | IV       | VI       | III      | V        | I        |

**Задание 35 (ID 48) – 6 баллов**

У позвоночных животных форма черепа и зубов почти всегда свидетельствует об образе жизни и нише питания вида. Различные адаптации делают различные виды животных более приспособленными к определённому типу питания.

Перед вами фотографии и реконструкции черепов современных и ископаемых животных. Сопоставьте номера черепов, их морфологические характеристики и ниши питания, свидетельством которых эти характеристики являются.



**Список характеристик черепов:**

- A) Мощные заострённые резцы, редукция клыков и маленькие щёчные зубы;
- B) Формирование диастемы, мощные щёчные зубы с плоскими вершинами;
- C) Удлинённый рострум, полная редукция зубов;
- D) Заострённые резцы, мощные клыки и режущие щёчные зубы;
- E) Зубы со скруглёнными вершинами;
- F) Удлинённый рострум, множественные однообразные игловидные зубы.

**Список специализаций питания (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- I) Специализация к питанию муравьями и термитами;
- II) Специализация к эктопаразитизму путём высасывания крови;
- III) Специализация к питанию рыбой;
- IV) Специализация к макрохищничеству – охоте на крупных животных и поеданию их мяса;
- V) Специализация к фильтрации криля;
- VI) Специализация к пережёвыванию растительной пищи во рту;
- VII) Специализация к сбору растительной пищи без обработки во рту;
- VIII) Специализация к раскалыванию твёрдых раковин моллюсков;
- IX) Специализация к активной охоте на насекомых;
- X) Специализация к разгрызанию древесины для извлечения личинок насекомых.

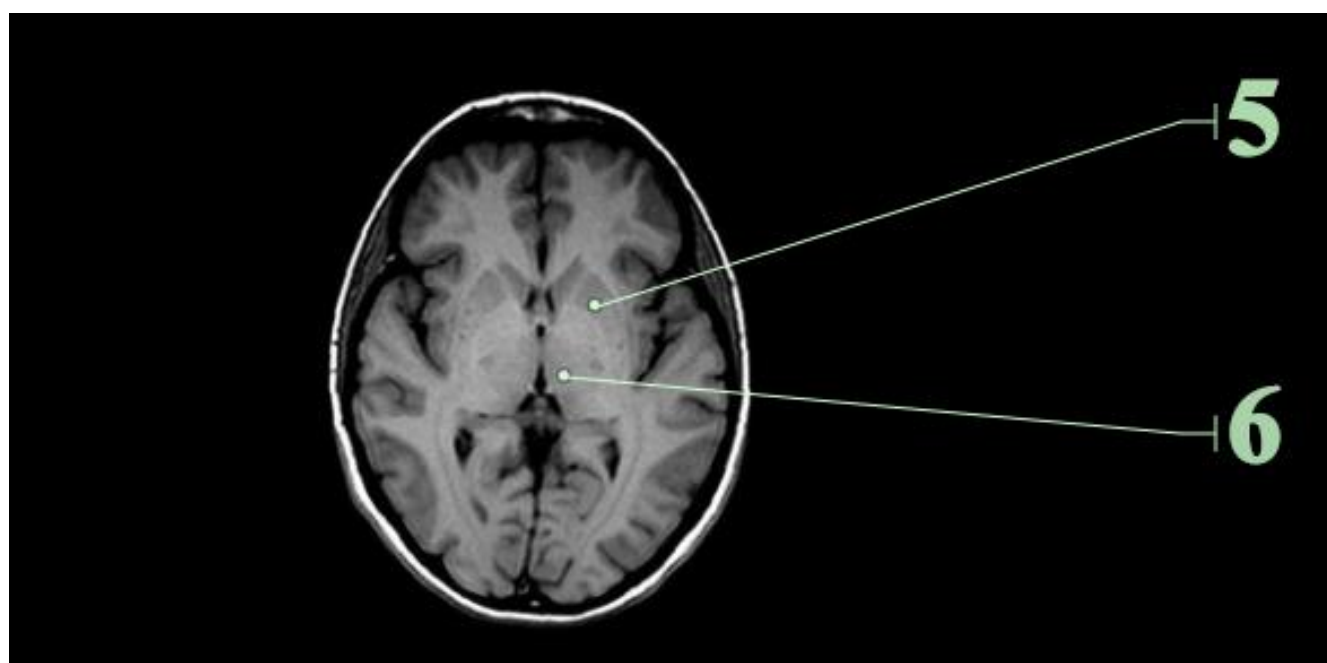
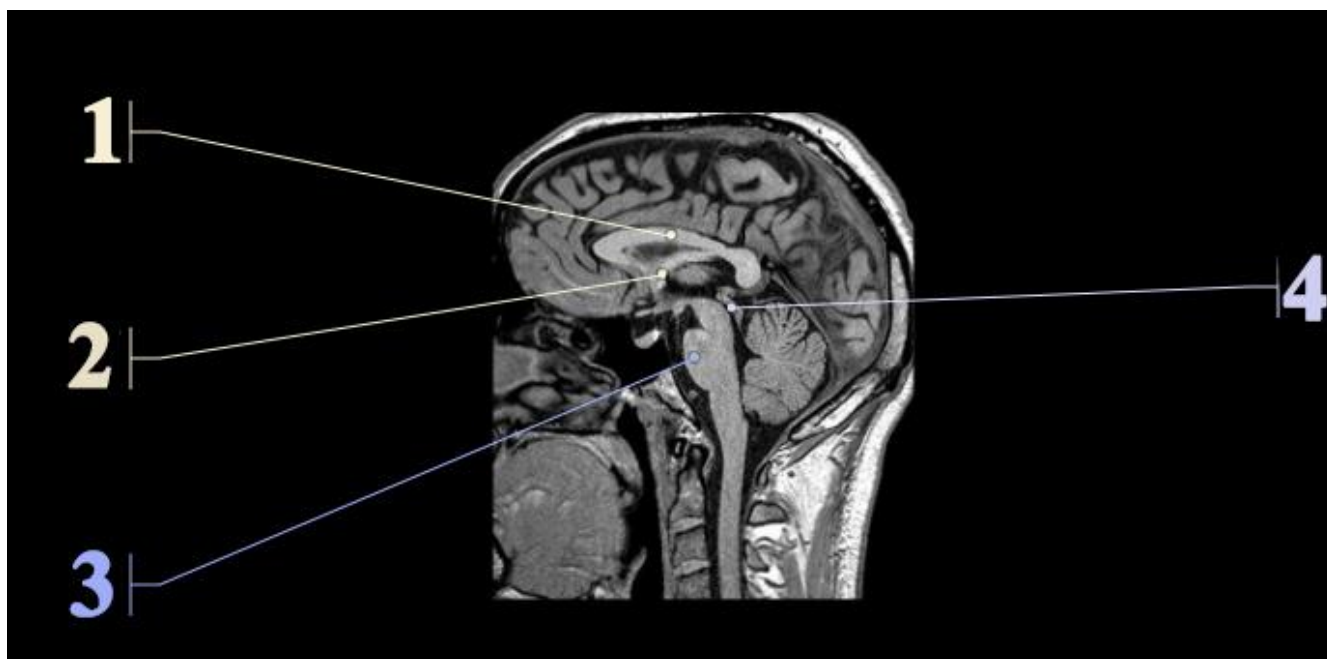
**Ответ:**

| <b>Картинка</b>       | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Характеристика черепа | B        | E        | C        | D        | F        | A        |
| Специализация питания | VI       | VIII     | I        | IV       | III      | X        |

**Задание 36 (ID 50) – 6 баллов**

Соотнесите изображенные на рисунке структуры головного мозга с их названиями и функциями.

Список структур мозга отмечен на рисунке цифрами от 1 до 6:



**Список названий структур:**

- A) Таламус;
- B) Мост;
- C) Мозолистое тело;
- D) Стриатум (полосатое тело);
- E) Гипоталамус;
- F) Четверохолмие.

**Список функций:**

- I) Осуществление связи между большими полушариями;



- II) Контроль и планирование движения, участие в процессах обучения;
- III) Первичная обработка информации от внешних и внутренних рецепторов;
- IV) Подкорковые центры зрения и слуха, осуществление ориентировочных рефлексов на сигналы от зрительного и слухового анализаторов;
- V) Проведение сигналов от спинного мозга к отделам головного мозга, место залегания ядер тройничного, лицевого и отводящего нервов;
- VI) Контроль и поддержание параметров внутренней среды, формирование поведения, необходимого для жизни (поиск воды, пищи и т.д.).

**Ответ:**

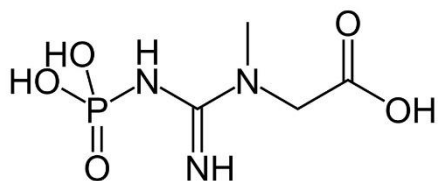
| <b>Структура мозга</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Название               | C        | E        | B        | F        | D        | A        |
| Функция                | I        | VI       | V        | IV       | II       | III      |

### Задание 37 (ID 51) – 6 баллов

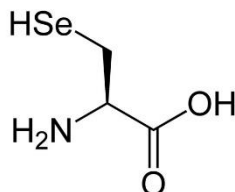
Аминокислоты участвуют не только в процессе синтеза белка. В клетке представлено большое количество нестандартных аминокислот, выполняющих разнообразные функции.

В данном задании приведены химические формулы разных нестандартных аминокислот или их производных. Вам необходимо определить название каждого из веществ, изображенных на рисунках и соотнести их с подходящей функциональной характеристикой из списка.

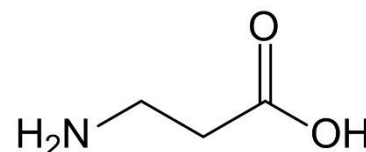
1



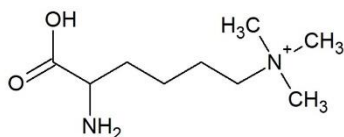
2



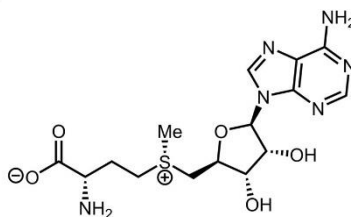
3



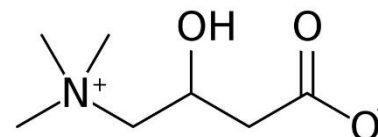
4



5



6



**Список названий веществ (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Цистеин;
- B) Триметиллизин;
- C) Глицин;
- D) Креатинфосфат;
- E) Карнозин;
- F) Селеноцистеин;
- G) S-аденозилметионин;
- H) β-аланин;
- I) Карнитин;
- J) Аргинин.

**Список характеристик:**

- I) В составе гистонов определяет состояние хроматина (компонент «гистонового кода»);
- II) У растений участвует в синтезе этилена, участвует в переносе метильных групп;
- III) Участвует в процессе субстратного фосфорилирования АДФ;
- IV) Необходим для транспорта остатка жирных кислот в матрикс митохондрий;
- V) В составе белков участвует в регуляции метаболизма гормонов щитовидной железы;
- VI) Входит в состав кофермента А.

**Ответ:**

| <b>Формула</b>        | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Название аминокислоты | D        | F        | H        | B        | G        | I        |
| Характеристика        | III      | V        | VI       | I        | II       | IV       |

### **Задание 38 (ID 52) – 6 баллов**

Известно, что клетки опухолей экспрессируют белок PD-L1, являющийся лигандом для рецептора PD1, который находится на поверхности Т-лимфоцитов. Связывание PD-L1 с рецептором PD1 ингибирует активность Т-лимфоцита. Таким образом опухоль избегает действия иммунной системы. Перед Вами стоит задача получить антитела, специфичные к PD1, для терапии раковых заболеваний. Для этого Вы иммунизировали мышь белком PD1 и выделили только те В-клетки, которые узнают этот белок. Вам необходимо с помощью различных генетических и клеточных технологий получить рекомбинантное высокоаффинное гуманизированное моноклональное антитело, специфичное к PD1.

В качестве экспрессионной системы предполагается использовать линию клеток яичника китайского хомячка (CHO). В ходе работы у Вас могут возникнуть задачи по работе с исходными мышинными клетками-продуцентами антител (1-2) и по улучшению свойств природного моноклонального антитела и получение рекомбинантных антител (3-6). Выберите соответствующие подходы (A-F и I-VI), которые помогут Вам решить следующие задачи:

- 1) Отбор наиболее перспективных мышинных клеток-продуцентов моноклональных антител к PD1;
- 2) Определение последовательностей мРНК мышинных клеток-продуцентов моноклональных антител к PD1, кодирующих паратоп антитела;
- 3) Повышение аффинности антитела к PD1;
- 4) Определение последовательностей кДНК, кодирующих паратопы с улучшенной аффинностью к PD1;
- 5) Снижение иммуногенности антитела PD1;
- 6) Повышение продукции антитела к PD1.

#### **Список подходов 1:**

- A) Иммуноферментный анализ природных антител;
- B) Иммуноферментный анализ рекомбинантных антител;
- C) Точечный мутагенез гипервариабельных участков в вариабельных доменах легкой и тяжелой цепи антитела (CDR в VL и VH);
- D) Обратная транскрипция с последующим секвенированием по Сэнгеру;
- E) Мутагенез каркасных участков в вариабельных доменах легкой и тяжелой цепи антитела (FR в VL и VH);
- F) Оптимизация кодонов.

#### **Список подходов 2:**

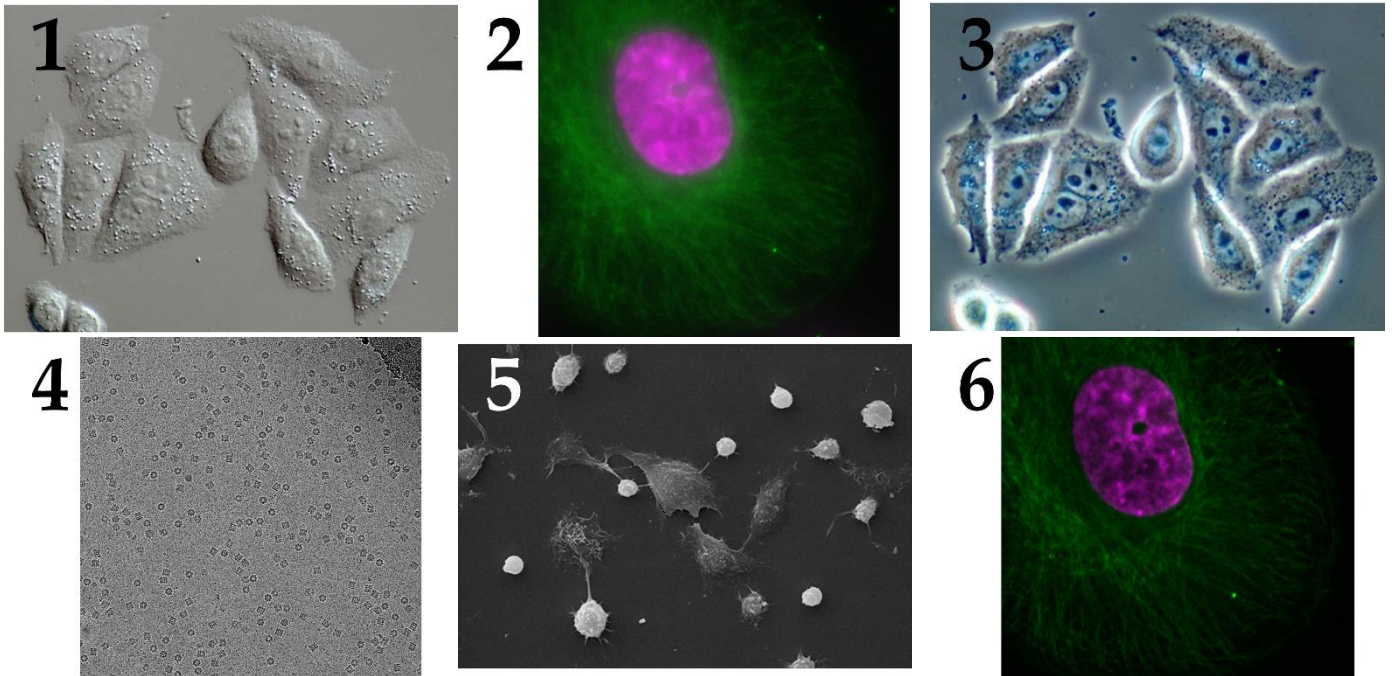
- I) Получение гибридом;
- II) Фаговый дисплей;
- III) Замена константных участков тяжелой и легкой цепи антитела мыши на соответствующие участки генов человека;
- IV) Клонирование генов тяжелой и легкой цепи в плазмиды под активный вирусный промотор;
- V) Добавление ингибиторов РНКаз в реакционную смесь;
- VI) Молекулярный докинг структур вариабельных доменов легкой и тяжелой цепи антитела (CDR в VL и VH).

**Ответ:**

| <b>Задача</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| подход 1      | A        | D        | C        | B        | E        | F        |
| подход 2      | I        | V        | VI       | II       | III      | IV       |

**Задание 39 (ID 53) – 6 баллов**

Современная клеточная биология обладает большим разнообразием инструментов исследования, однако принципы их работы известны далеко не всем исследователям. В данном задании приведены изображения, полученные с помощью разных методов. В этом задании необходимо определить метод, с помощью которого было получено изображение, и соотнести с подходящим описанием.



**Список методов (список избыточен – в нём есть лишние методы):**

- A) Светлопольная световая микроскопия
- B) Дифференциальная интерференционно-контрастная световая микроскопия
- C) Фазово-контрастная световая микроскопия
- D) Широкопольная флуоресцентная микроскопия
- E) Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия
- F) Рентгеновская микроскопия
- G) Электронная дифракция
- H) Трансмиссионная криоэлектронная микроскопия
- I) Трансмиссионная электронная микроскопия
- J) Сканирующая электронная микроскопия

**Список описаний:**

- I) В оптический путь микроскопа вносятся фазовая пластинка (в задней фокальной плоскости объектива) и фазовое кольцо (в конденсоре), которые смещают фазу фонового света и приводят к интерференции фонового и преломлённого образцом света. Таким образом между объектами с разным индексом преломления (клетки и окружающая их среда) возникает контраст. Сильно рассеивающие свет объекты создают характерные артефакты – гало
- II) Образец освещается светом определённой длины волны, которая поглощается флуорофорами. В масштабах от пико- до наносекунд флуорофоры испускают кванты света в более длинноволновой области электромагнитного спектра. В оптической плоскости, сопряжённой с фокальной плоскостью объектива, размещается точечная диафрагма, ограничивающая поток света, излучаемого не из фокальной плоскости объектива (рассеянного). Изображения формируются за счёт поточечного



сканирования поля зрения лазерным пучком, смещаемым системой зеркал. Детекция квантов света происходит с помощью ФЭУ.

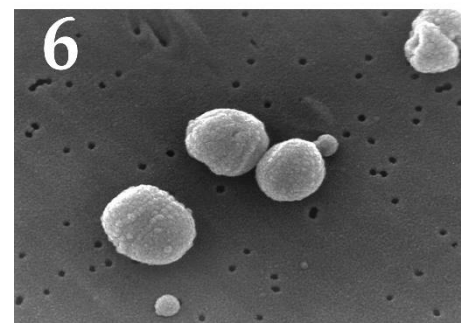
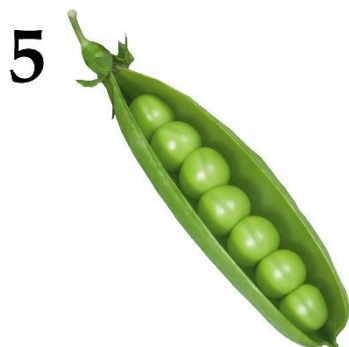
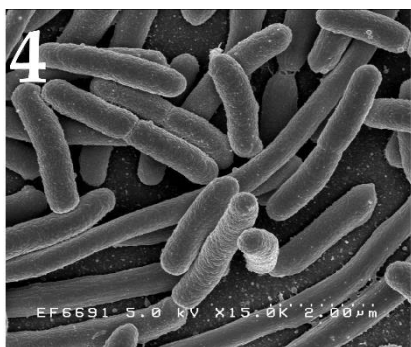
- III) В оптический путь микроскопа вносятся две призмы: призма в конденсоре, расщепляет свет на два луча, смещённых друг относительно друга на расстояние меньше диска Эри, и призма в задней фокальной плоскости объектива, собирающая два луча в исходный. Таким образом свет, прошедший через соседние участки объекта, интерферирует, создавая контраст между соседними точкам, если они по-разному взаимодействуют со светом. Получаемое изображение обладает псевдотрёхмерным видом, за счёт образования «тени» в направлении разрыва света призмой.
- IV) Электронный пучок направляется на анализируемый образец, в результате чего образцом (преимущественно его поверхностью) испускаются вторичные электроны, регистрируемые детектором вторичных электронов. Поле зрения сканируется поточечно за счёт отклонения пучка магнитными линзами
- V) Образец освещается светом определённой длины волны, которая поглощается флуорофорами. В масштабах от пико- до наносекунд флуорофоры испускают кванты света в более длинноволновой области электромагнитного спектра. Детекция квантов света с поля зрения происходит с помощью КМОП или ПЗС матрицы.
- VI) Замороженный образец просвечивается параллельным пучком электронов, которые детектируются матрицей чувствительных детекторов электронов (Direct Detection Devices). Получаемые изображения обладают низким контрастом; повышение контраста возможно за счёт использования фазовых пластинок. Наиболее часто метод используется для анализа структуры молекул, находящихся в растворе.

**Ответ:**

| <b>Микрофотография</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Тип клеток             | B        | D        | C        | H        | J        | E        |
| Характеристика         | III      | V        | I        | VI       | IV       | II       |

**Задание 40 (ID 54) – 6 баллов**

Значимые для генетики открытия были совершены на различных моделях. Перед вами представлены изображения различных модельных организмов. Сопоставьте организм, изучавшего его учёного и совершенное им открытие:



**Список открытий, совершенных учеными-генетиками:**

- A) Функционирование оперона;
- B) Законы наследственности;
- C) ДНК как переносчик генетической информации;
- D) Сцепленное наследование генов;
- E) Мобильные генетические элементы;
- F) Механизмы апоптоза;

**Список ученых-генетиков:**

- I) Освальд Эвери;
- II) Роберт Хорвиц;
- III) Грегор Мендель;
- IV) Франсуа Жакоб;
- V) Томас Морган;
- VI) Барбара Мак Клинтон;

**Ответ:**

| Организм       | 1 | 2  | 3  | 4  | 5   | 6 |
|----------------|---|----|----|----|-----|---|
| Открытие       | D | E  | F  | A  | B   | C |
| Ученый-генетик | V | VI | II | IV | III | I |

### Задание 41 (ID 55) – 6 баллов

Мимикрия – возникшее в ходе эволюции сходство между одним организмом или его частью и другим объектом, зачастую организмом другого вида. Существует очень много различных вариантов мимикрии. Самыми распространенными вариантами мимикрии являются Бейтсовская (Batesian mimicry) и Мюллеровская (Mullerian mimicry), названные так по фамилиям описавших их ученых.

В данном задании вам нужно сопоставить фотографии с вариантом мимикрии, сформировавшимся между представленными объектами, и характеристикой – кратким описанием этого примера.

1



2



3



4



5



6



#### Варианты мимикрии:

- A) Васманнова мимикрия (Wasmannian mimicry): вид-подражатель имитирует внешний вид вида-модели, с которым он проживает в гнезде или колонии в виде сожителя.
- B) Агрессивная мимикрия (Aggressive mimicry, редко Peckhemian mimicry): хищник или паразит имитирует внешний вид другого живого организма для обмана жертвы.
- C) “Pouyanian mimicry” (в отечественной литературе – «псевдокопуляция»): сходство цветка и самки насекомого-опылителя.
- D) Автомимикрия (Automimicry): часть тела организма внешне схожа с другой частью тела того же организма.
- E) Бейтсовская мимикрия (Batesian mimicry): имитация безвредным (неядовитым) видом опасного (ядовитого) вида.
- F) Гильбертовская мимикрия (Gilbertian mimicry): потенциальный хозяин (или жертва) защищается от паразита (или хищника), имитируя его внешний вид.

#### Описание примера:

- I) Насекомое внешним видом напоминает эусоциальных насекомых, в гнездах которых обитает в качестве инквилина.
- II) Организм сформировал особые органы, напоминающие внешним видом одну из стадий развития другого организма, питающегося первым. Взрослые особи стараются избежать высокой конкуренции, и ищут менее защищенные цели.
- III) В своем репродуктивном поведении этот организм эксплуатирует репродуктивное поведение другого организма. Он привлекает активных особей к своим генеративным органам с помощью внешнего вида, формы и запаха.

- IV) Гнездовой паразит, летя над лесом, вспугивает птиц, которые на время покидают свои гнезда, облегчая к нему доступ для гнездового паразита.
- V) Животное, не имеющее средств защиты от хищников, кроме полета, для защиты внешним видом имитирует внешний вид распространенного опасного животного.
- VI) Особенная окраска и форма частей тела приводит к тому, что хищник не может точно распознать переднюю часть тела для максимально успешной атаки.

**Ответ:**

| <b>Фотография</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Вариант мимикрии  | E        | A        | B        | F        | D        | C        |
| Описание примера  | V        | I        | IV       | II       | VI       | III      |