



Комплект задач
Beyond Olympiad #2
по биологии

I тур

10-12 классы

5 марта 2022

Регламент олимпиады

На выполнение олимпиады Вам дается 105 минут. Начало олимпиады: 12:00 по времени Алматы, конец олимпиады – 13:45. По завершении ваши решения необходимо отправить с помощью платформы [Gradescope](https://gradescope.com). (Инструкции по отправке см. ниже.)

Инструкция по выполнению и оформлению:

Выполнять задания Вы можете в любом порядке, при этом **необходимо**

- Решать каждую задачу в предназначенном месте в бланке ответов;
- **Запрещается** писать ФИО, инициалы или какие-либо другие личные идентификаторы на бланке ответов и дополнительных страницах
- Если решение задачи выходит за пределы места в бланке ответов, то в конце места следует написать (Продолжение задачи номер __ пункт __ на отдельной странице). При этом вверху той страницы необходимо пометить, что это является продолжением определенной задачи;
- **Рекомендуется** придерживаться понятного и разборчивого почерка, избегать грязи и зачеркиваний.

Инструкции по отправке решений:

Необходимо завершить выполнение заданий не позднее 13:45 по времени Алматы. По окончании работы, вам необходимо объединить сканы ваших решений в один pdf-файл. Отметим, что в Google Play и AppStore есть множество приложений (PDF scanner, scanner app, scanbot и другие), предназначенных для этих целей. PDF-файл необходимо загрузить на сайт gradescope.com. Код курса: **P536BW**.

Решения Олимпиады принимаются **в течение 30 минут** после окончания олимпиады, из которых **20 минут** дается на заполнение **бланка** заданий Олимпиады и **10 минут** – на его **загрузку**.

Памятка участнику:

- Из канцелярских принадлежностей и приборов **разрешаются только**: карандаши, ручки, ластик, линейка и инженерный калькулятор.
- **Строго запрещается** пользоваться помощью посторонних людей и дополнительной литературой, включая интернет-источники и учебные пособия.
- Попытки списывания и нарушения академической честности будут наказаны **баном** на ask.bc-pf.org сроком на год.

Результаты будут оглашены до 12 марта 2022 года.

При наличии вопросов по проведению олимпиады следует также писать на форум ask.bc-pf.org или в официальные аккаунты соц. сетей ОФ “Beyond Curriculum”.

Задача 1.

Во вселенной KWANGYA существует новый вид, называемый AES. Они имеют голубую, фиолетовую или голубую с фиолетовыми пятнами окраску. Частота кодоминантного гена, сцепленного с X-хромосомой и ответственного за голубую окраску составляет 0,36. Сколько AES мужского пола с голубой, с фиолетовой, а также женского пола с голубой с фиолетовыми пятнами окраской находится во вселенной KWANGYA?

[5 баллов]

Задача 2.

Недавно ученые обнаружили новую аминокислоту и назвали её BLINK (pK_{a1} : 2,8; pK_{a2} : 10,1). При растворении 0,01 М KOH в 200 мл аминокислота массой 0,45 грамм имеет pH 10,8. Вам нужно найти молекулярную массу BLINK.

[6 баллов]

Задача 3.

Наркотическое вещество *LISA* повышает артериальное давление, сильно сужая коронарные сосуды. Вещество *KARINA* понижает артериальное давление, расширяя все сосуды в организме. Ученые предположили, что *KARINA* может предотвратить ухудшение работоспособности сердца, поэтому 22 кошкам ввели вещество *LISA*, а после 30 минут 11 из них ввели вещество *KARINA*. Используя t -критерий Стьюдента, определите статистическую нулевую и альтернативную гипотезы, а также какая из них верна. Все числа при решении округляйте до сотых.

Артериальное давление кошек после введения LISA, мм рт. ст.	
-KARINA (1 группа)	+ KARINA (2 группа)
102	99
171	108
120	122
150	106
130	111
112	130
156	103
105	106
133	88
129	73
110	81

[7 баллов]

Задача 4. Логистический рост

Одним из основных уравнений, описывающих динамику популяций, является уравнение логистического роста. Зачастую его можно увидеть в следующей форме:

$$\frac{dN(t)}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

- $N(t)$ – размер популяции в момент времени t
- r – изменение размера популяции при расчете на одну особь в момент времени t
- K – максимальная емкость среды

Для выражения $N(t)$ используется решение предыдущего дифференциального уравнения:

$$A) N(t) = \frac{K}{A \times e^{-rt} + 1}$$

А это константа.

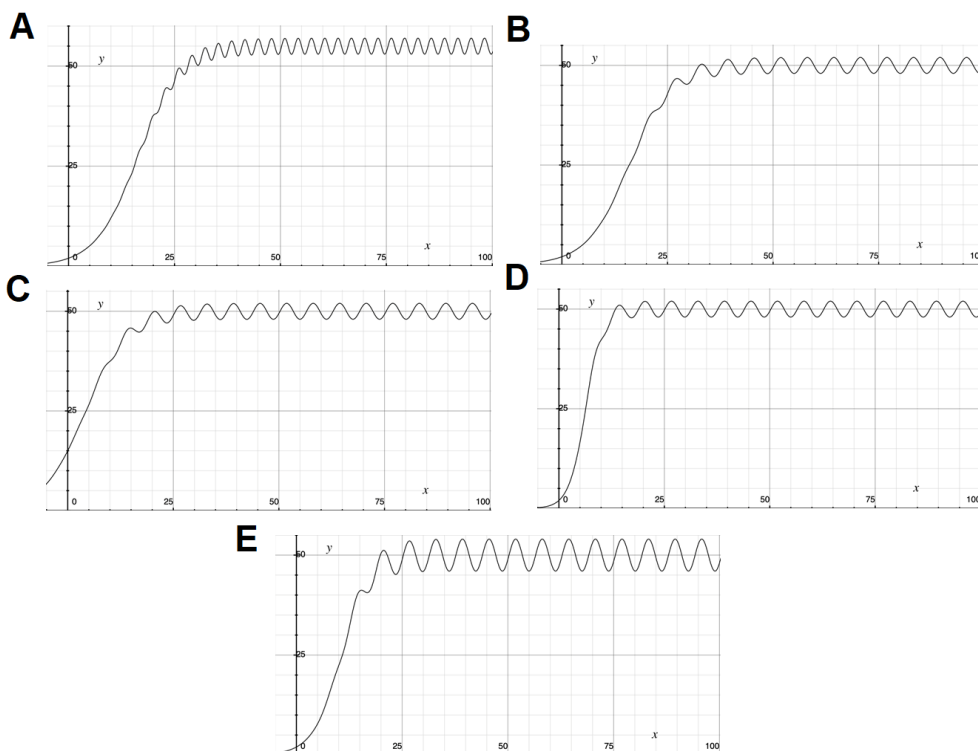
- 1) Выразите A с помощью K и $N(0)$

Зачастую в экосистемах не встречаются постоянные K , емкость среды меняется от сезона к сезону. Для описания K можно ввести еще одно уравнение:

$$B) K(t) = 2 \sin \sin(t) + 50$$

- 2) Выразите $N(t)$ через одну переменную t , используя уравнения A и B .
- 3) Выберите график, подходящий под следующие параметры:

- $N(0)=2$
- $r = 0.2$



[6 баллов]

Задача 5. Моделирование межвидовой конкуренции

Модель Лотка-Вольтера является следствием из стандартного уравнения логистического роста, в котором уже включена внутривидовая конкуренция в виде N :

$$\frac{dN(t)}{dt} = rN\left(\frac{K-N}{K}\right)$$

Чтобы включить в это уравнение фактор конкуренции, в уравнении каждого из видов должна присутствовать еще одна переменная.

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2}{N_1} \right) \text{ для вида номер 1}$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - N_2 - \alpha_{21} N_1}{N_2} \right) \text{ для вида номер 2}$$

В этих уравнениях, α_{12} и α_{21} являются коэффициентами конкуренции и выражают эффект одного вида на рост популяции другого. Данные уравнения могут предсказывать возможность сосуществования двух видов. Стабильное состояние системы из двух видов достигается при отсутствии роста:

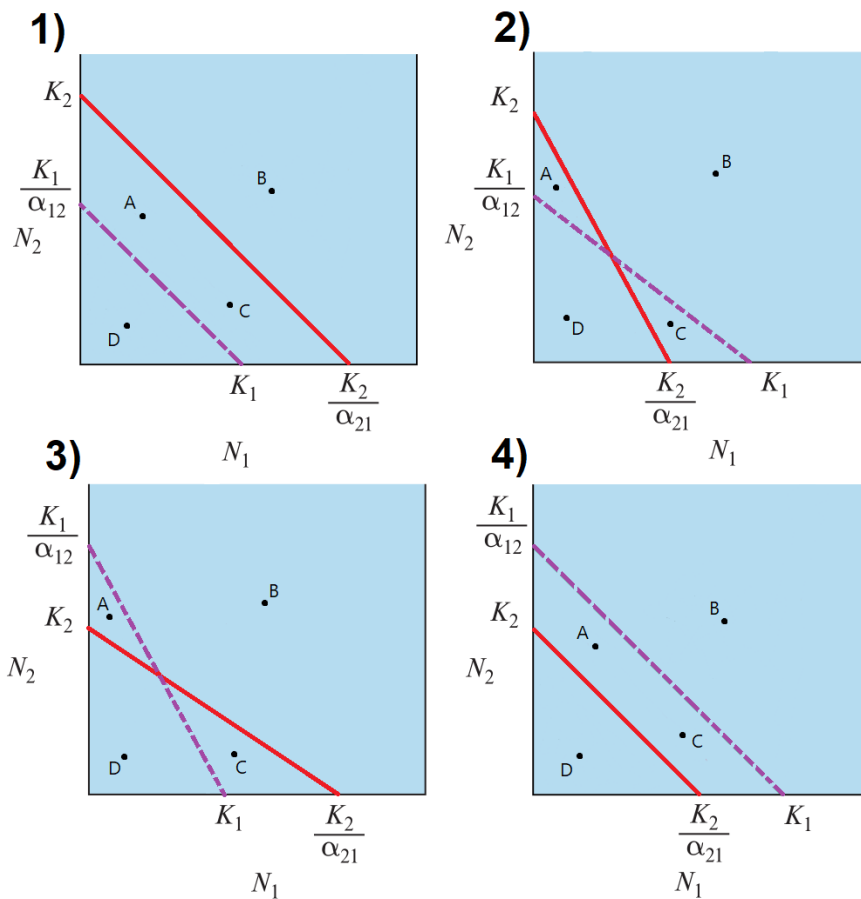
$$r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2}{N_1} \right) = 0$$

$$K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2 = 0$$

$$N_1 = K_1 - \alpha_{12} N_2 \quad \text{-----}$$

$$N_2 = K_2 - \alpha_{21} N_1 \quad \text{—————}$$

Данные уравнения называются изоклинами нулевого роста. Y ось представлена N_2 , а X ось N_1 . Изоклина для первого вида показана пунктиром, а для второго непрерывной линией.



Каждая точка на этих графиках показывает состояние системы из двух конкурирующих видов в неравновесии. Над изоклиной нулевого роста размеры популяции будут уменьшаться, под изоклиной увеличиваться.

- 1) Для каждой точки на каждом графике покажите, как она будет двигаться по направлению к равновесию.
- 2) Для каждого случая предположите, что будет являться равновесием системы:
 - a. Выигрывает вид 1
 - b. Выигрывает вид 2
 - c. Равная вероятность выигрыша вида 1 или 2
 - d. Могут сосуществовать

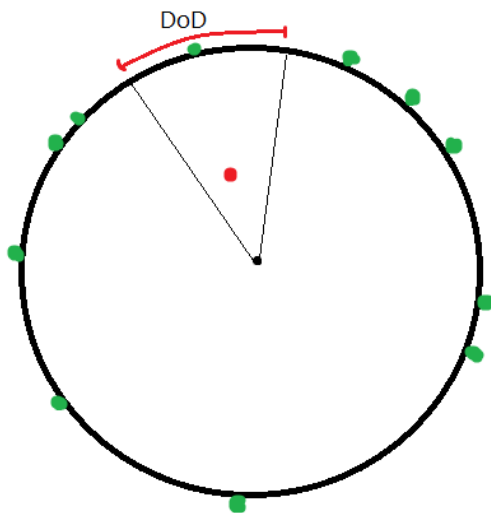
[6 баллов]

Задача 6. Геометрия эгоистичного стада

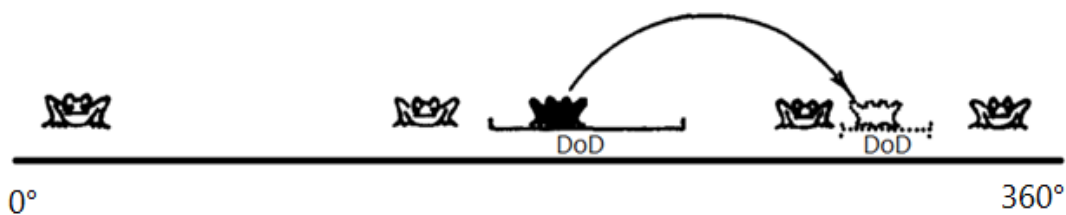
Модель эгоистичного стада была предложена В.Д. Гамильтоном в статье 1971 года, она описывает поведение жертв в присутствии хищника или угрозы. Следующая гипотетическая ситуация была предложена самим Гамильтоном:

Представьте пруд в виде круга, в котором есть змея. По кругу этого пруда сидят лягушки, это их природная зона обитания, отойти от окружности пруда они не могут из-за наземных хищников. Змея выходит в случайном месте пруда и атакует **ближайшую лягушку**. У каждой лягушки есть так называемый домен опасности (domain of danger - DoD) – его длина равна половине длины промежутка до соседней лягушки в обе стороны. В физическом смысле DoD представляет собой промежуток в котором змея нападет именно на эту лягушку, так как она ближайшая.

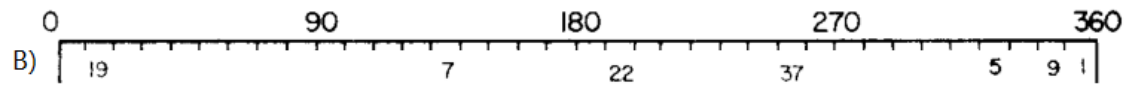
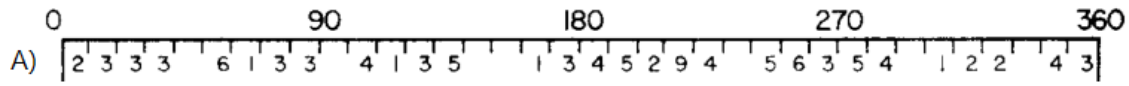
Змея показана красным, а лягушки зеленым, если змея показывается в секторе круга, ограниченном DoD, она съедает эту лягушку.



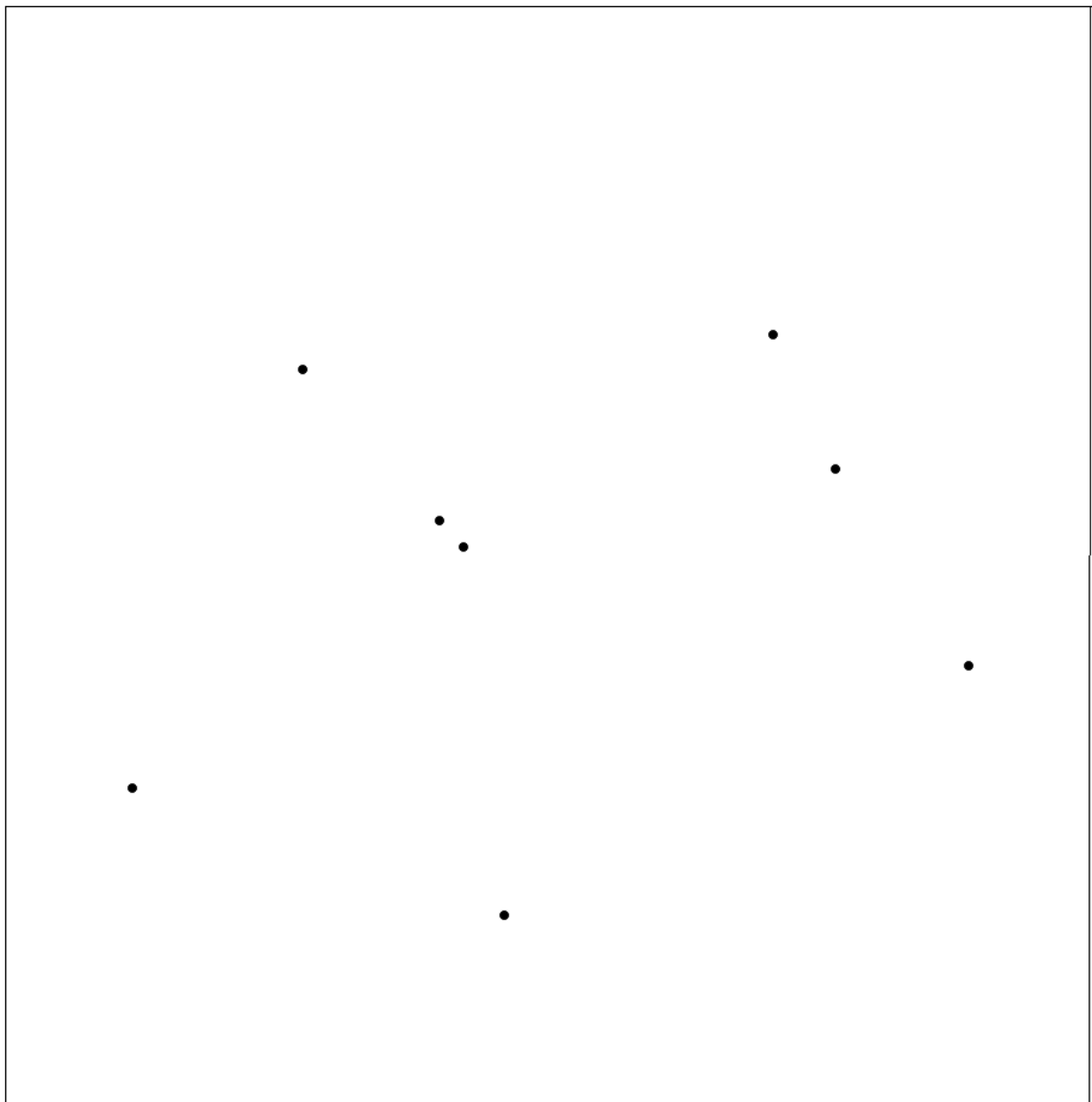
Эту же модель можно представить в одномерном виде, развернув окружность:



- 1) При эгоистичном поведении каждая лягушка будет пытаться уменьшить свой DoD. Какое из следующих распределений наиболее вероятно при симуляции данной модели (цифры указывают на число лягушек в определенном 10 градусном интервале):

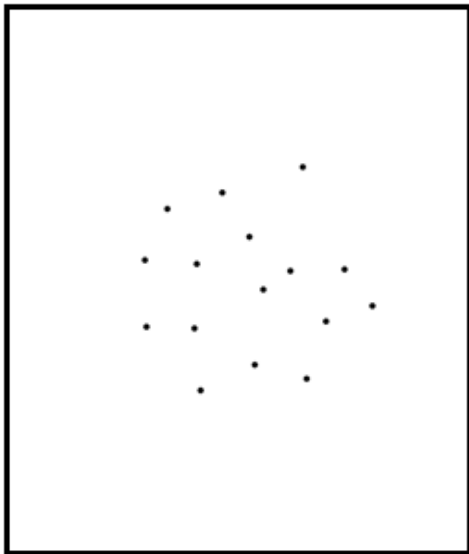


2) Предполагая другую двухмерную модель, нарисуйте DoD каждой особи в данном стаде, при условии, что хищник может появиться в случайном месте. Точки показывают отдельных особей. Помните, что DoD это регион, в котором особь является наиболее близкой к хищнику.

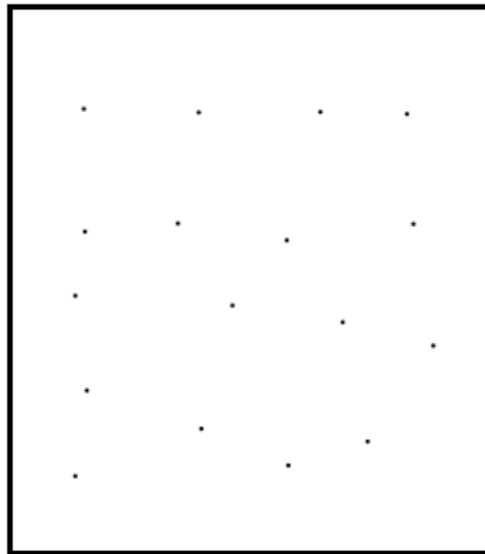


3) Какое из следующих расположений будет наиболее вероятно при нападении хищника (работают все те же правила что и одномерной модели)?

A



B



[10 баллов]

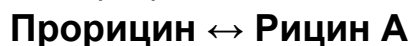
Задача 7. Меньшее зло



Мантискоры- одни из редких чудовищ континента, гибрид льва, скорпиона и летучей мыши, который обитает в горах Армуш. Однажды, выполняя заказ, ведьмак Геральт был ужален мантискорой, и обратился за помощью к Оксенфюртским алхимикам. Они выяснили, что Геральт отравлен Ризином. Ядом, который действует на 28S рибосому.

а) Найдите период полувыведения Ризина, если его концентрация в крови за 10 суток уменьшилась на 24% по сравнению с начальной.

б) Алхимиком Деусдативом была изучена реакция превращения прорицина в активную форму. Прорицин связывается с пищеварительными ферментами, который расщепляет дисульфидную связь, превращая его в Ризин А.

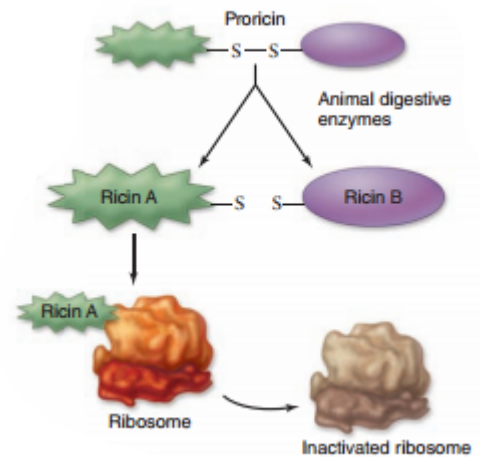


Пепсин имеет $k_{\text{cat}} = 600 \text{ с}^{-1}$. При концентрации пепсина $[E] = 60 \text{ нМ}$ и концентрации прорицина $[S] = 30 \text{ мкМ}$, начальная скорость реакции равна (V_0) 24 мкМ/с .

Найдите значение K_m для Прорицина

с) Для того, чтобы вывести антитод для Ридина, Алхимик Деусдатов решил вычислить объем крови ведьмака. Для этого он использовал вещество А в качестве метки, которое удаляется из крови благодаря почечной фильтрации. После введения 0.3 г вещества А, он наблюдал следующие результаты:

Время после введения метки, мин.	Концентрация вещества А в плазме, мг/л
10	37.5
20	18.75
30	9.4



Вычислите объем крови ведьмака, учитывая предоставленные данные, если объем плазмы составляет 68% от объема крови.

d) В качестве антитода, Деусдатов решил использовать ингибитор пепсина «Марков» со значением $\alpha=10$. В эксперименте с той же концентрацией фермента, как в пункте В, но при неизвестной концентрации проридина, ведьмаку был введен ингибитор «Марков», что привело к снижению $V_0 = 12 \text{ мкМ/с}$.

Найдите концентрацию проридина [S]

e) Выберите верные суждения насчет Ридина

1. Ридин подействует на все системы органов Т / F
2. Ридин действует на прокариот Т / F
3. Геральт солгал что его ужалила мантикора Т / F
4. Ридин В в 6 раз токсичнее цианистого калия Т / F
5. Антитод Деусдатова подействует Т / F

f) Если известно, что ридин инактивирует 1500 рибосом в секунду, а в 1 клетке 18000 рибосом, каждая из которых синтезирует белок со скоростью 20 аминокислот в секунду, сколько аминокислот успеет синтезировать клетка, до полной инактивации трансляции?

[14 баллов]

Задача 8. Все лгут

Будучи гениальным биологом, вас пригласили в отдел биомедицинской диагностики Принстон-Плейнсборо. К вам поступил пациент, женщина 26 лет, монашка. Выезжала в Гамбию, с миссионерской целью. В семейном анамнезе присутствует Тиреодит Хашимото. Пациент принимала Хинидин, блокирующий натриевые каналы клеток.

А) В скорой помощи Доктор Пак успела сделать Электрокардиограмму (ЭКГ) и результаты направили к вам.



Определите частоту сердечных сокращений (ЧСС) у пациента.

Примечание: каждая клеточка = 0.04 секундам.

В) **Выберите верный вариант:**

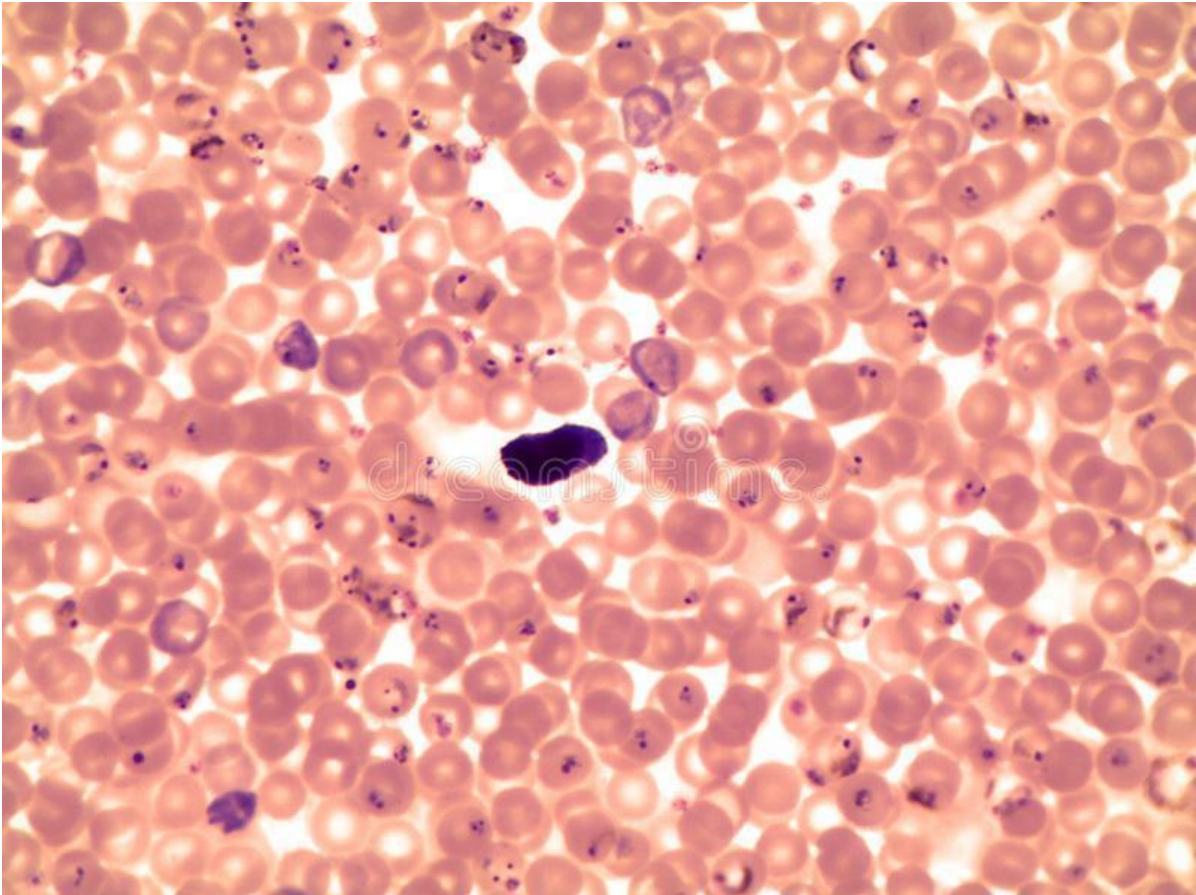
1. У пациента нормальная ЧСС
2. У пациента тахикардия
3. У пациента брадикардия
4. У пациента аритмия

С) **Выберите варианты, которые могли привести к такой частоте сердечных сокращений:**

1. Лихорадка на фоне малярии
2. Прогулка в -40°C градусный мороз
3. Соблюдение поста
4. Гипертиреоз
5. 3 выпитых чашки кофе с утра
6. Принимаемый пациентом Хинидин
7. Перенесенный стресс

Д) **Учитывая, что Минутный объем кровообращения у пациента равен 5.25 литрам, найдите систолический объем.**

Е) **Через 48 часов, и каждые 24 часа у пациента наблюдались скачки температуры. Вы взяли мазок крови, и просмотрели его под микроскопом, предварительно окрасив:**



Выберите верный вариант ответа:

- a) Пациент совершенно здоров
- b) У пациента «Сонная болезнь»
- c) У пациента Малярия
- d) У пациента Анемия
- e) У пациента Лейкемия

F) Доктор Адамс решила помочь вам, и провести анализ крови, и предоставила вам результаты, на которые следует обратить внимание

Показатель	Значения	Нормальные значения
Ретикулоциты	2.5%	0.2-1.2%
Скорость Оседания Эритроцитов	29 мм/ч	2-15 мм/ч
Гемоглобин	103 г/л	120-140 г/л
Хорионический гонадотропин (ХГЧ)	15000 мЕд/мл	0-5 мЕд/мл
Морфий, Героин и Амфетамин	Присутствует	Отсутствует
Свинец в крови	0.2 мкг/л	0.1- 0.40 мкг/л
Тиреотропный гормон (ТТГ)	6.6 мЕд/л	0.3 – 3.5 мЕд/л

Приложение: нормы ХГЧ при беременности

Срок беременности, неделя	Норма ХГЧ по неделям беременности, мЕд/мл
1-2	25-300
2-3	1500-5000
3-4	10000-30000
4-5	20000-95000
5-6	50000-100000
7-8	50000-120000
8-9	50000-130000
9-10	50000-180000
11-12	50000-200000
13-14	20000-100000
15-25	20000-95000
26-37	10000-60000

Исходя из результатов анализов, выберите верные суждения:

- a) Пациент не болен инфекционным заболеванием
- b) Пациент на 3 неделе беременности
- c) Пациент употребляет наркотические вещества
- d) Пациент болен аутоиммунным заболеванием (Тиреоидит Хашимото)
- e) У пациента интоксикация тяжёлыми металлами

Г) Для подтверждения результатов вы провели тест на наркотики и на концентрацию Хорионического Гонадотропина. Оба теста показали положительный результат.

Согласно статистике больницы, 20% тестируемых на наркотики показывали положительный результат, при этом показатель ложноположительных исходов была равна 13%. А ложноотрицательных результатов был всего 1%. В свою же очередь, 46% результатов тестов на ХЧГ в больнице были отрицательными, из которых 6% были ложноотрицательными. Положительные результаты имели 50% точность. **Определите вероятность того, что оба теста ошиблись.**

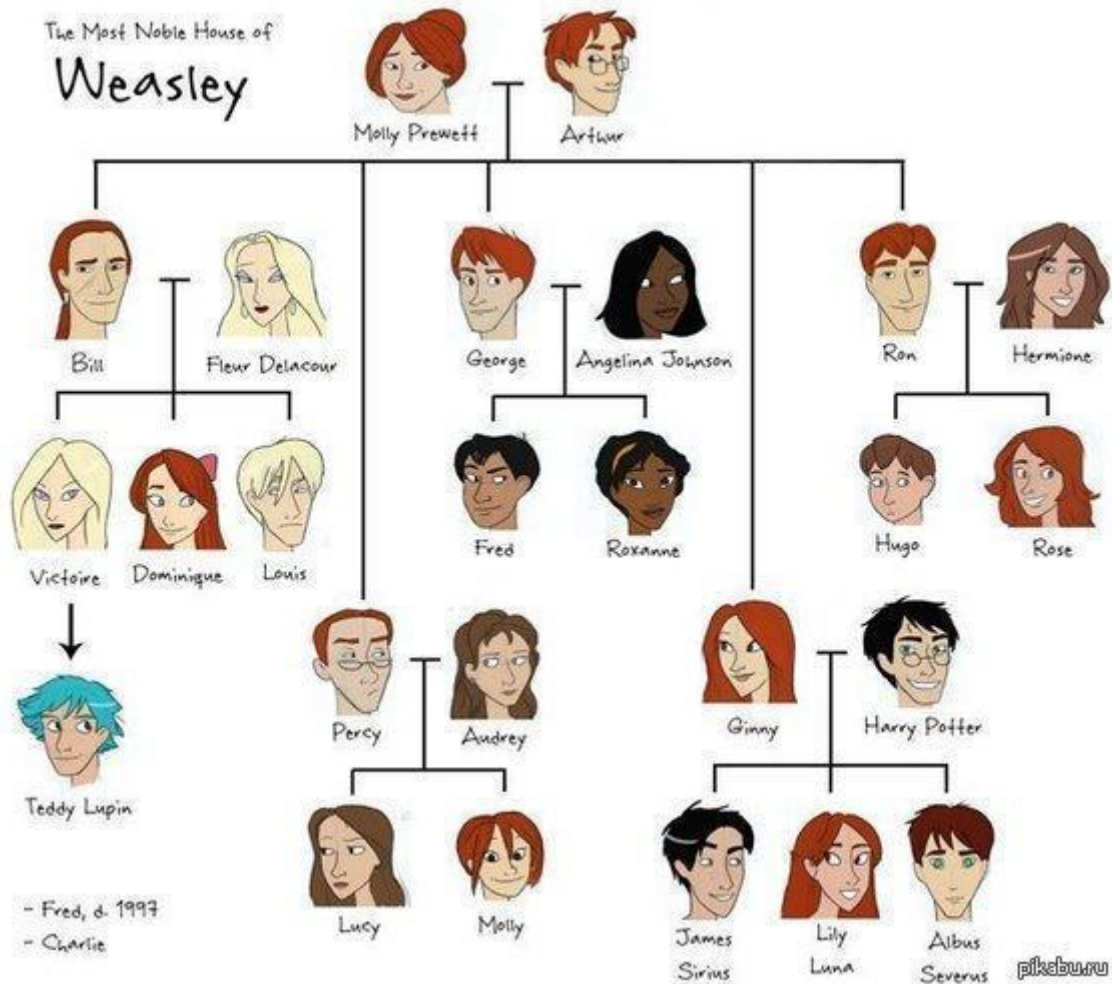
Н) Выберите верные утверждения насчет пациентки:

- a) Пациент скорее лжет что не употребляет наркотики, чем тест показал неверный результат
- b) У пациента трехстворчатый клапан более поврежден чем митральный
- c) Повышенный ТТГ связан с беременностью
- d) Пациента нужно лечить Хинином
- e) Пол плода – мальчик
- f) В Боталовом протоке артериальная кровь -
- g) У пациента пониженная аффинность гемоглобина к кислороду из-за температуры
- h) Для повышения сродства гемоглобина к кислороду нужно увеличить концентрацию 2,3 бифосфоглицерата в крови

[18 баллов]

Задача 9. Магическая генетика

Семья Уизли — старая чистокровная фамилия волшебников, находящихся в родстве со множествами известных семей волшебников Великобритании. Отличительной чертой многочисленных Уизли- являются их рыжие волосы.



- a) Ген цвета волос (H) расположен на 6 хромосоме, и имеет 4 аллеля. Черный – H1, Коричневый – H2, Рыжий – H3 и Светлые волосы – H4. Вам предоставлены взаимодействия аллелей между собой:

$$H1 > H2 > H3 > H4$$

Напишите генотип Билла Уизли:

- a) Определите генотипы Молли и Артура (Родители Рона)
- b) Если Джеймс Сириус женится на Роуз, определите вероятность рождения рыжих детей у них:

- с) Министерство магии выясняло, что наличие магии напрямую связано с геном Mer, расположенным на 6 хромосоме. Поэтому, решили вычислить расстояния между 6 генами на шестой хромосоме.

	Gr	Mer	H	Dambl	JKR	PRL
Gr	-	25	1	19	7	20
Mer	25	-	26	6	32	5
H	1	26	-	20	6	21
Dambl	19	6	20	-	26	1
JKR	7	32	6	26	-	27
PRL	20	5	21	1	27	-

Вам необходимо провести нарисовать генетическую карту (Расположить гены на хромосоме и указать расстояния между каждым из генов)

(g) P (6) S(1)Gr (19) Y(1)oa (5) Rc
 or
 (h) oa (13) P (6) S(1)Gr (19) Y (6) Rc

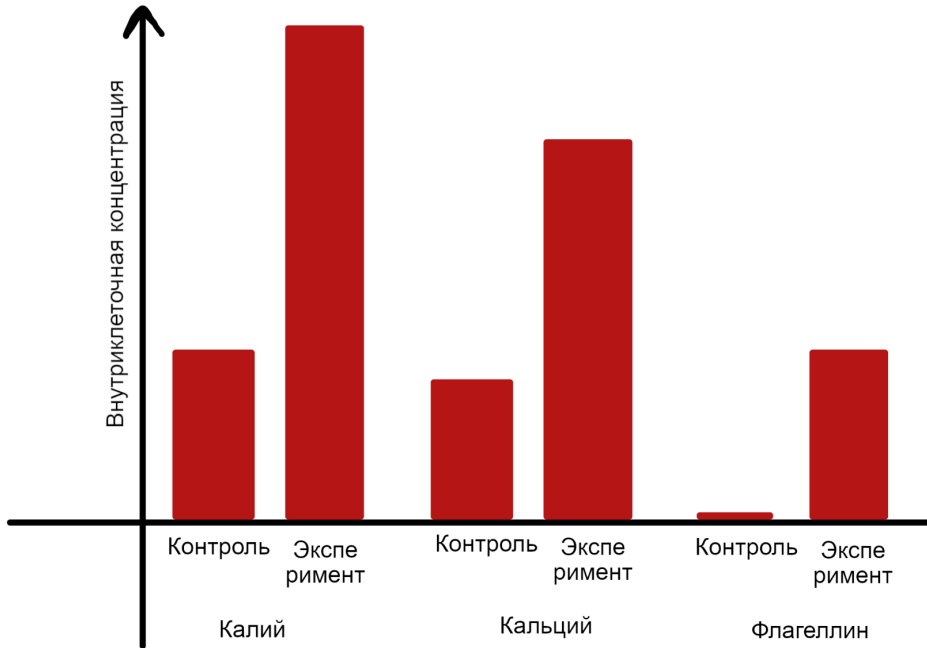
- d) В популяции магов Лондона, частоты аллелей гена, отвечающего за цвет волос распределены следующим образом: $H_1 = 0.15$; $H_2 = 0.20$; $H_3 = 0.30$; $H_4 = 0.35$. Однако, вследствие Первой Магической Войны в Лондон прибывают мигранты с ближнего востока, имеющие генотип H_1H_2 , количество которых равно половине популяции Лондона. **Найдите частоты аллелей в новой популяции и фенотипическое соотношение.**
- e) После прихода к власти Гриндевальда, началась расовая дискриминация среди магов, и все маги имевшие рыжие волосы были превращены в лягушек. **Найдите частоты аллелей в новой популяции.**

[12 баллов]

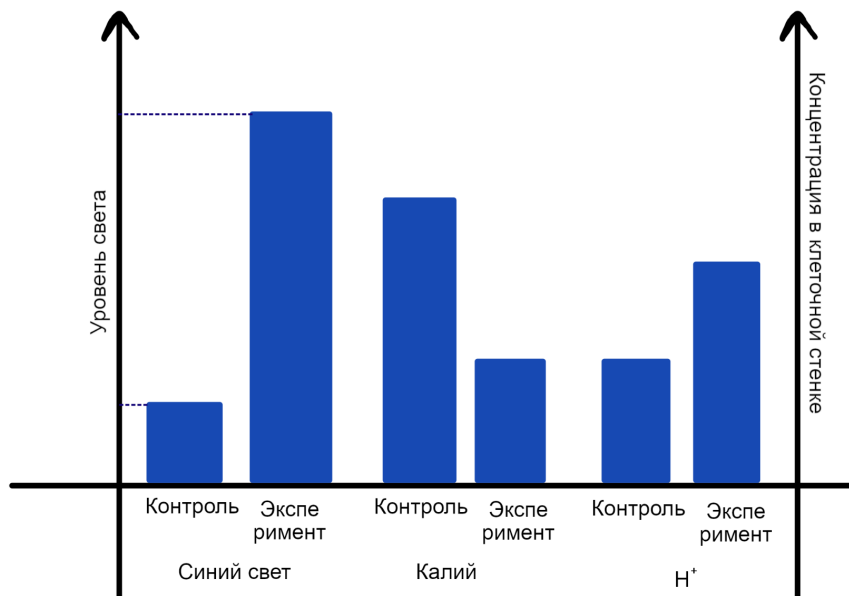
Задача 10.

Из-за того, что устьица поглощают нужный CO_2 , но выпускают тоже нужную воду, растениям приходится находить компромисс между этими функциями. Такое эволюционное давление привело к развитию строгой и сложной регуляции открытия устьиц – вашей задачей является определить эти факторы опираясь на результаты нескольких опытов и функцию устьиц.

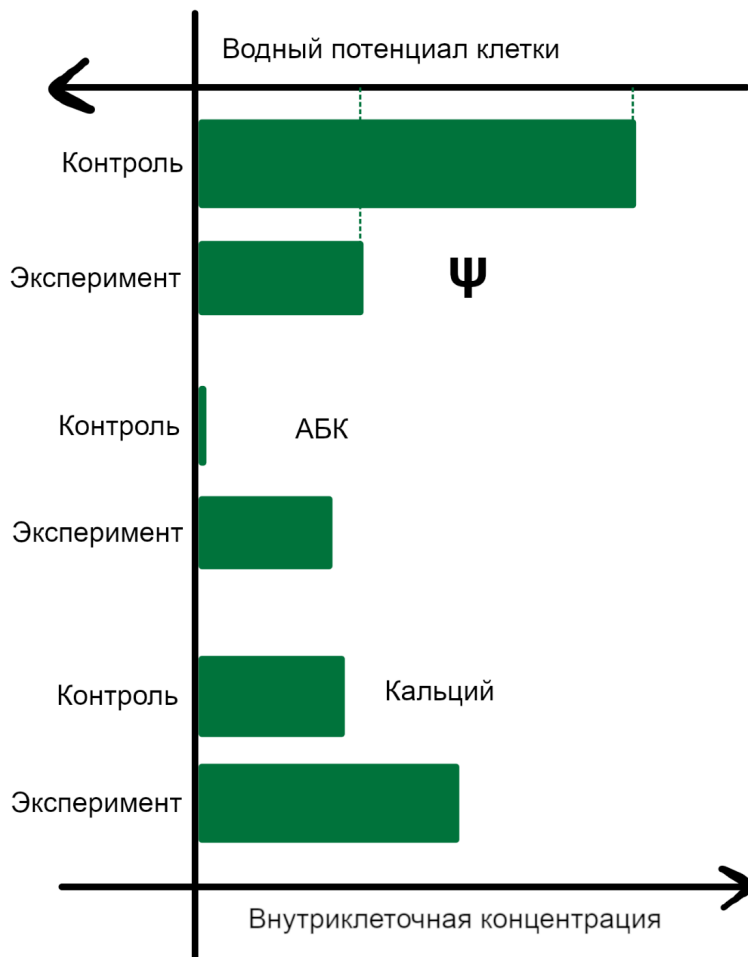
Эксперимент 1:



Эксперимент 2:



Эксперимент 3:



Какие факторы влияют на устьица?

Фактор 1 –

Фактор 2 –

Фактор 3 –

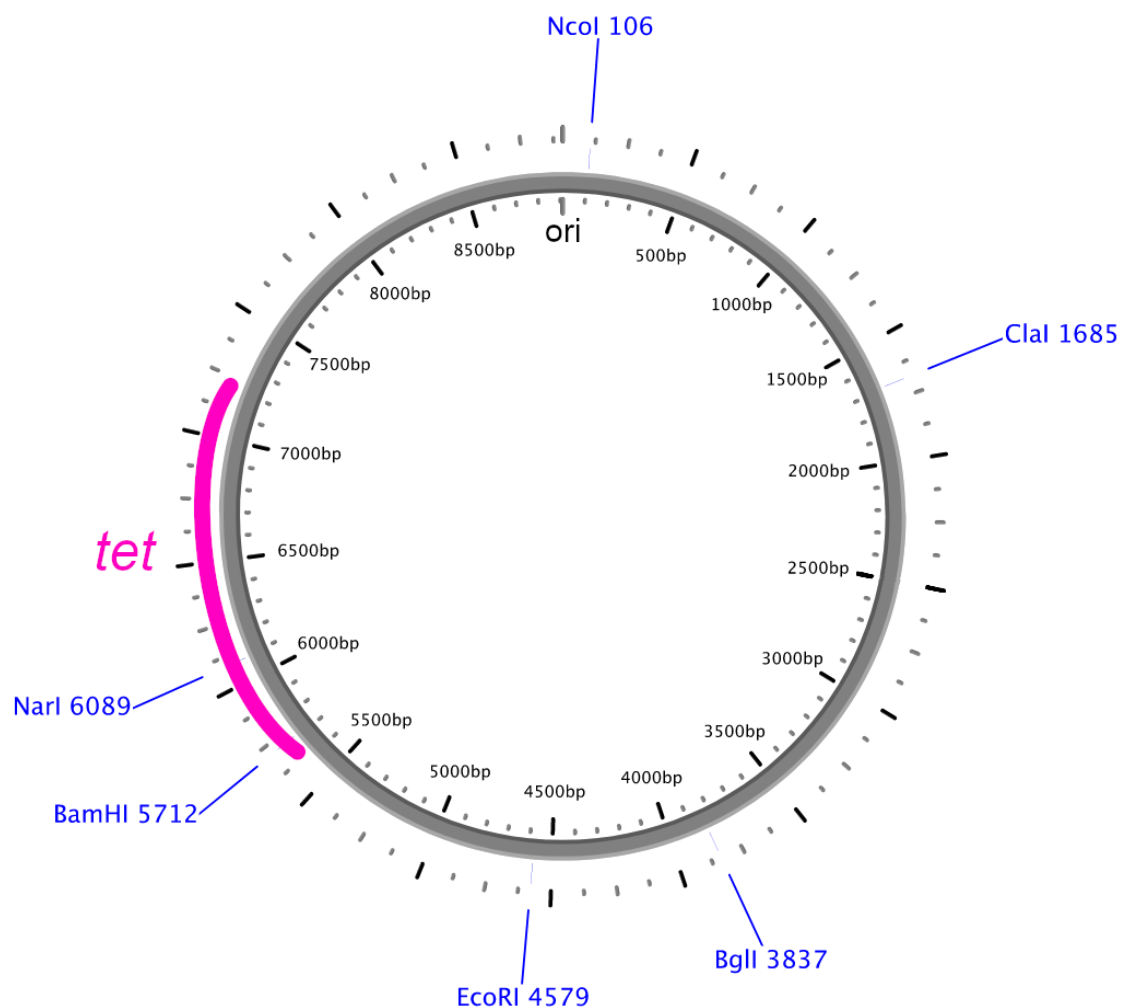
Расположите факторы в этой таблице:

Механизм	Открывают устьица	Закрывают устьица
Ионы кальция		
H ⁺ насос – АТФаза		

[4.5 баллов]

Задача 11.

Вы – стажер в биофармацевтической компании. Чтобы позволить вам набить руку и подготовить вас к дальнейшей работе, ваш руководитель лаборатории поручила вам провести трансформацию бактерий кишечной палочки (*Escherichia coli*). Ваша задача – создать плазмиду с геном *verma*, который кодирует нужный вам белок. Вам даны сайты рестрикции плазмиды и гена *verma*.



1) Из предложенных вариантов, какие участки необходимы для успешной трансформации?

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Старт кодон | <input type="checkbox"/> Стоп кодон | <input type="checkbox"/> Начало транскрипции |
| <input type="checkbox"/> Полиадениловый конец | <input type="checkbox"/> Селекционный маркер | <input type="checkbox"/> Сайты рестрикции |

2) Сайт рестрикции X должен быть сайтом какого фермента? Финальная плазида должна быть не менее 8000 пар нуклеотидов.

[3 балла]

Задача 12.

Существует множество различных мер здоровья и развития экосистем. Одним из классических критериев благополучного состояния сообщества является биоразнообразие. Экосистемы с большим количеством видов и с их равномерным распределением более избыточны, что позволяет им быть более устойчивыми к изменениям в окружающей среде. Если один вид не сможет приспособиться к новым условиям, всегда есть несколько других видов в близких нишах, которые могут занять место вымершего вида.

Несколько индексов измеряют биоразнообразие сообществ – самый широко используемый

это индекс Шеннона. Формула индекса: $H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)$, где относительная

распространенность $p_i = \frac{n_i}{N}$ и n_i – популяция i -го вида, N – общая популяция экосистемы.

Существуют варианты с логарифмами в основании 2 и 10.

Ваша задача – сопоставить биомы со значениями их индекса биоразнообразия Шеннона.

$$H_1 > H_2 > H_3 > H_4 > H_5 \approx 0$$

Биом	Амазонская сельва	Заповедник Барсакельмес	Арктическая тундра	Калифорнийский чапараль	Поле для гольфа
H					

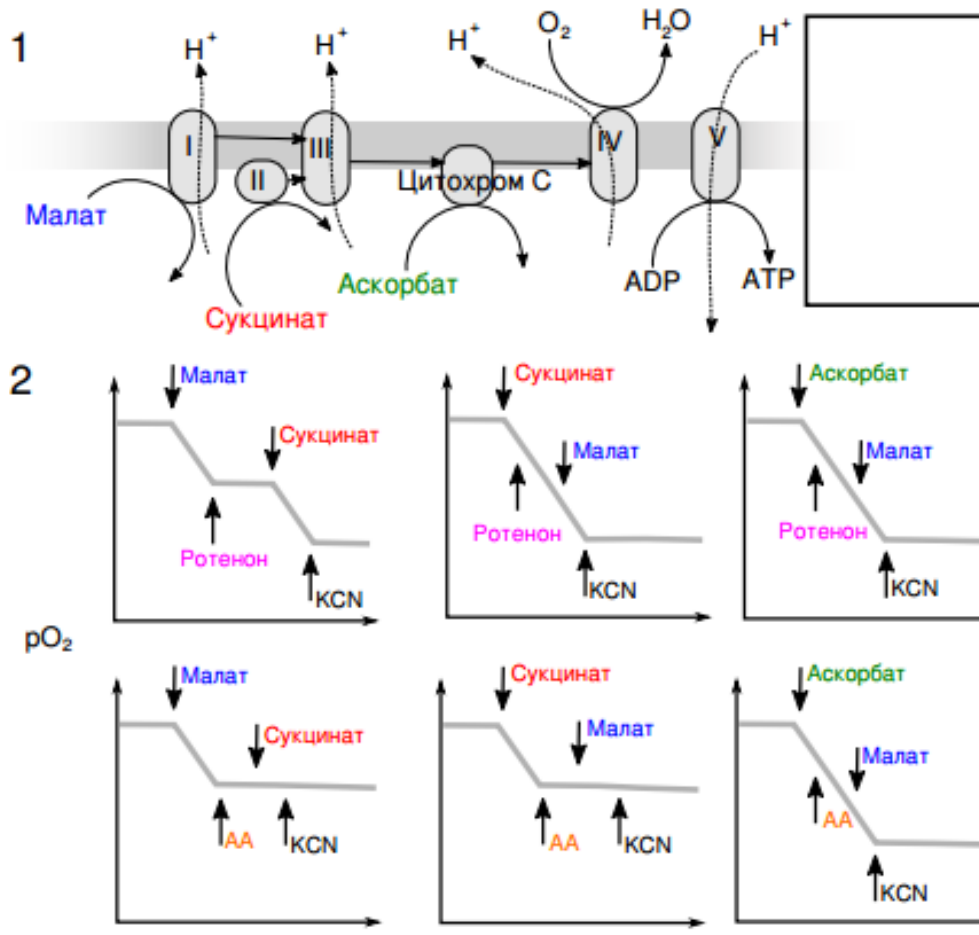
[5 баллов]

Задача 13.

Шерлок Холмс обнаружил, что его пытались отравить. Это он заметил благодаря пульсоксиметру, который показал, что кровь недостаточно насыщается кислородом. Чтобы точнее понять механизм действия яда и найти противоядие, он решил изучить клеточное дыхание.

Электроны собираются ЭТЦ от сукцината, малата и аскорбата (витамина С) и переносятся на кислород. Комплексы I-IV последовательно используют выделяемую энергию для перекачки протонов через внутреннюю мембрану митохондрий (1).

Насыщение кислородом суспензии митохондрий, к которой в указанные моменты добавляли субстраты и ядовитые цианид калия (KCN), ротенон или антимицин А (АА), измерялось в течении времени (2).



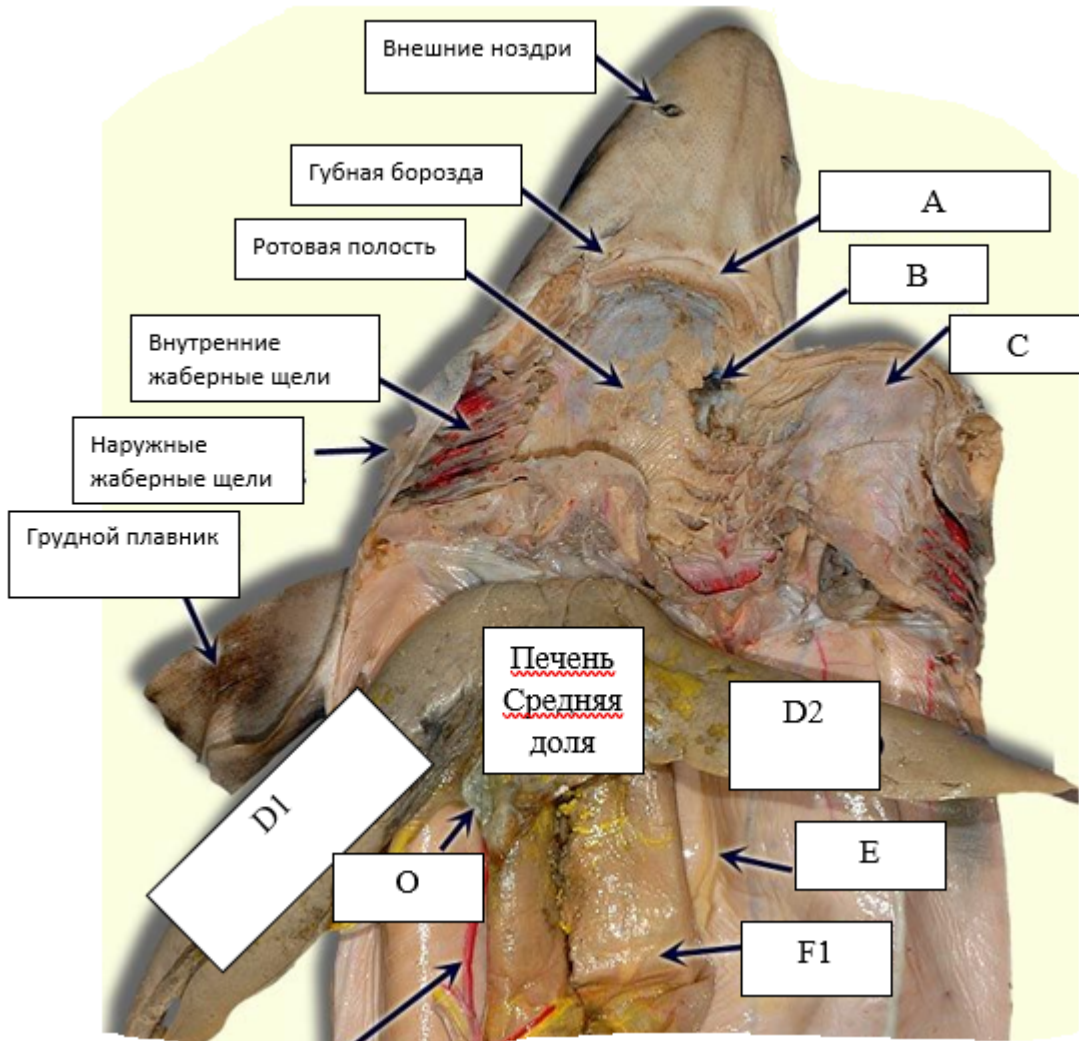
Ответьте на следующие вопросы:

- 1) Какой белковый комплекс блокирует Ротенон? ____
- 2) Какой белковый комплекс блокирует Антимисин А? ____
- 3) Какой белковый комплекс блокирует Цианистый Калий? ____

[1.5 балла]

Задача 14.

Перед вами внутреннее анатомическое строение одного животного.



A) Определите **Тип, Класс и Отряд**, к которому относится этот живой организм.

B) Назовите следующие анатомические структуры:

D2-

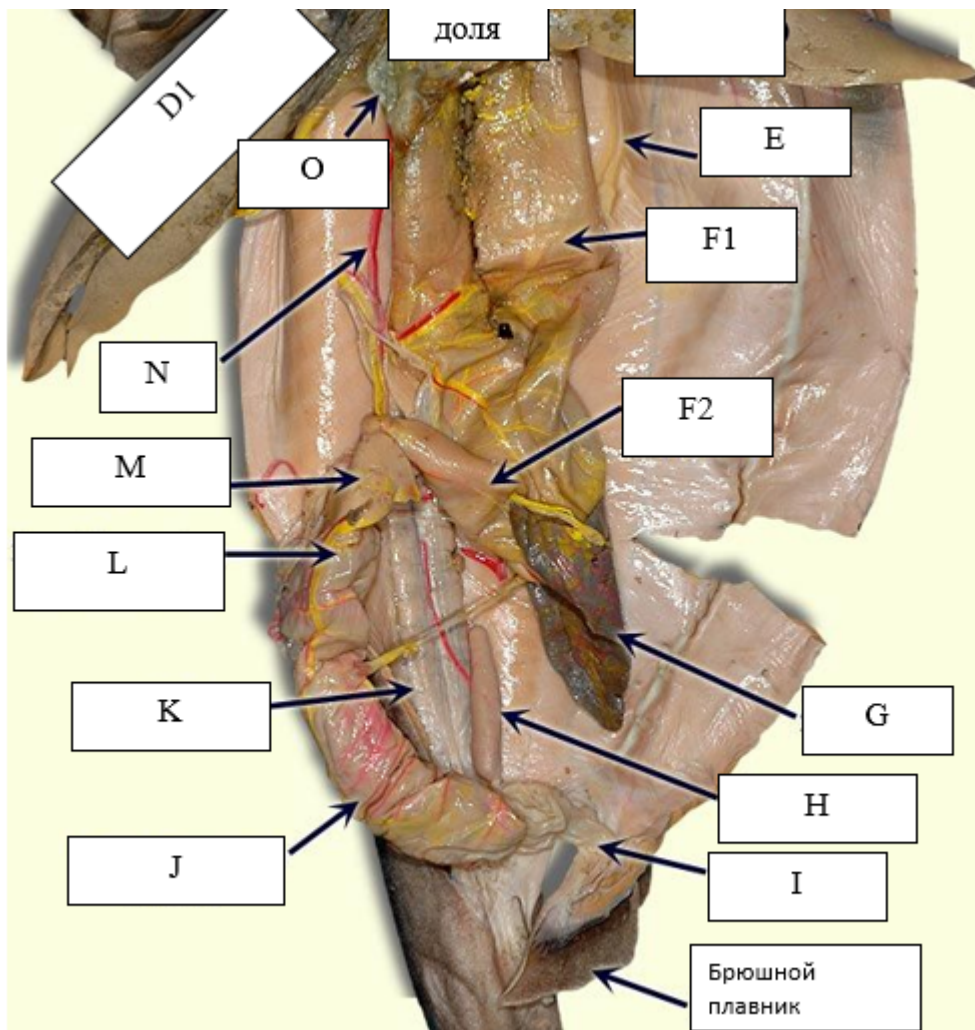
B-

O-

С) Отметьте следующие утверждения как **Верные (Т)** и **Неверные (F)**

$$I \frac{2}{2} C \frac{1}{1} P \frac{2}{2} M \frac{3}{3} = 32.$$

- А) Зубная формула - $I \frac{2}{2} C \frac{1}{1} P \frac{2}{2} M \frac{3}{3} = 32.$
- В) Позвонки по типу Амфицельные
- С) К непарным плавникам относятся: Грудные и брюшные
- Д) Имеют 5-7 пар жаберных щелей
- Е) В крови накапливают мочевины и триметиламинооксид
- Ф) Плавучесть обеспечивает печень



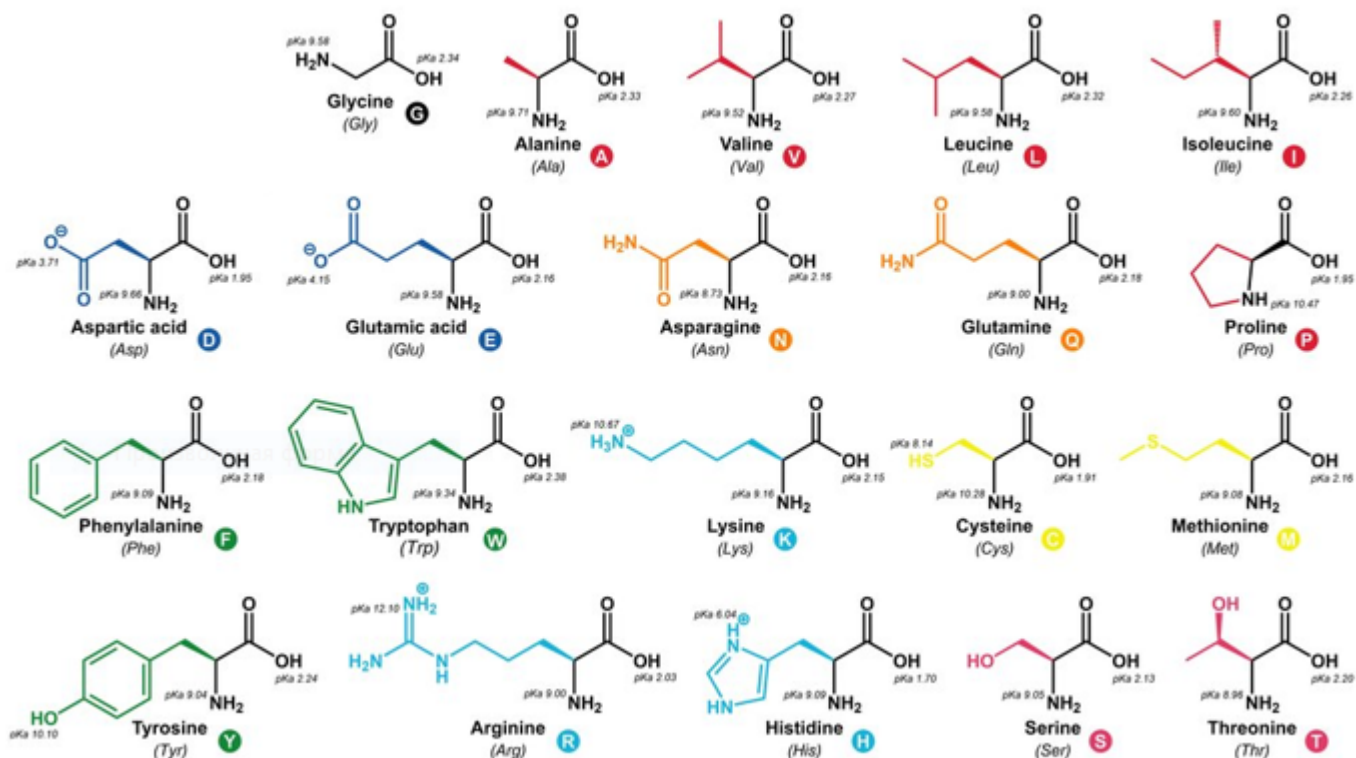
Д) Ответьте на следующие вопросы:

- А) Назовите тип чешуи: _____
- В) Назовите тип хвостового плавника: _____
- С) Количество кругов кровообращения: _____
- Д) Функция органа С: _____
- Е) Название структур F1 и F2: _____
- Ф) Напишите буквы кровеносных сосудов: _____
- Г) Назовите пол животного: _____
- Н) Покажите орган, где распадаются эритроциты

[10 баллов]

Задача 15.

Биохимик Арай в своей лаборатории обнаружила новый антибактериальный пептид, который состоял из повторяющихся тетрапептидов: **Asp-Met-Ala-Trp**.



A) Напишите однобуквенный код этого пептида

Кислоты	pK _a		
	—COOH	—NH ₃ ⁺	ионогенных групп в радикале
Аланин	2,3	9,7	
Аргинин	2,2	9,0	12,5
Аспарагин	2,0	8,8	
Аспарагиновая	2,1	9,8	3,9
Валин	2,3	9,6	
Глицин	2,3	9,6	
Глутамин	2,2	9,1	
Глутаминовая	2,2	9,7	4,3
Гистидин	1,8	9,2	6,0
Изолейцин	2,4	9,7	
Лейцин	2,4	9,6	
Лизин	2,2	9,0	10,45
Метионин	2,3	9,2	
Пролин	2,0	10,6	
Серин	2,2	9,2	
Тирозин	2,2	9,1	10,1
Треонин	2,6	10,4	
Триптофан	2,4	9,4	
Фенилаланин	1,8	9,1	
Цистеин	1,7	10,8	8,3

В) Найдите заряд тетрапептида при pH 7.0

С) Напишите последовательность ДНК для образования тетрапептида **Asp-Met-Ala-Trp**.

Д) Найдите изоэлектрическую точку (pI) этого тетрапептида

Е) Нарисуйте кривую титрования для этого пептида.

[9 баллов]