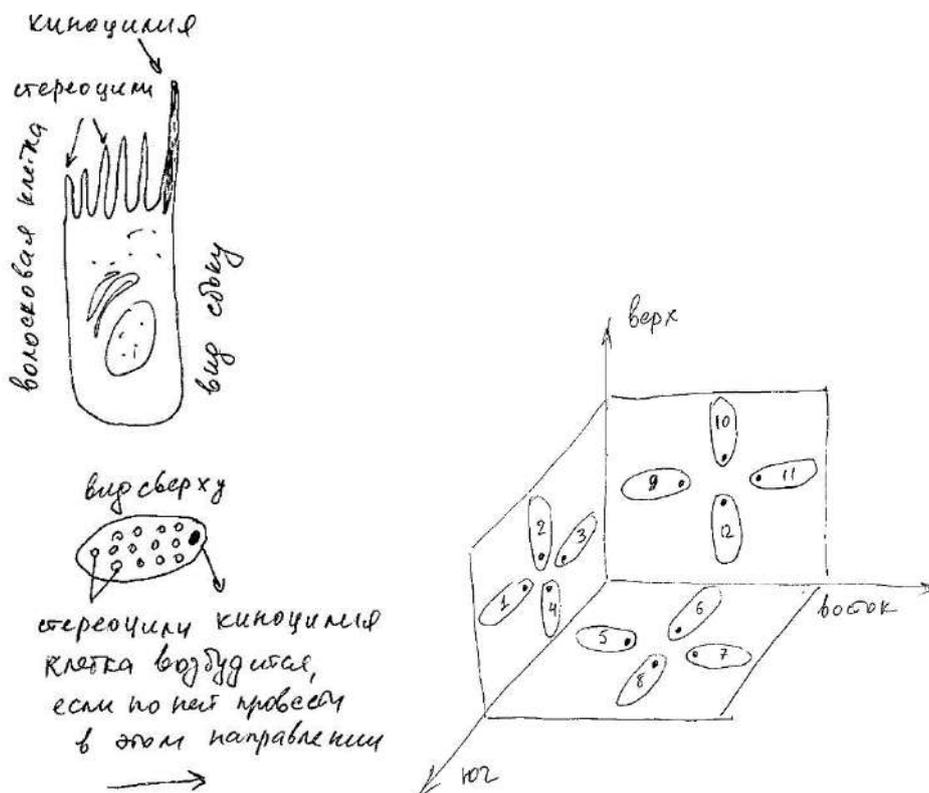


Задача 1. Внутреннее Ушко (8 баллов)

Бионический организм Внутреннее Ушко имеет орган равновесия, работающий так же, как орган равновесия человека. Он представляет собой кубик, на внутренних стенках которого расположены по 4 волосковые клетки. Волосковые клетки имеют на своей верхней (обращенной внутрь кубика) поверхности одну настоящую ресничку – киноцилию, которая расположена на одном конце клетки, и множество микроворсинок – стереоцилий (которые по своему строению не являются ресничками), длина которых увеличивается по направлению к киноцилии. На внутренней поверхности кубика находится белковая мембрана, в которую включены кристаллы карбоната кальция. Когда Ушко прыгает, мембрана, плавающая в жидкости (эндолимфе) смещается (она достаточно тяжелая, поэтому при прыжке стремится остаться на месте) и отклоняет ворсинки на поверхности волосковых клеток. Волосковые клетки деполяризуются при механической стимуляции, направленной в направлении от стереоцилий к киноцилии.



1. Деполяризация мембраны волосковых клеток происходит вследствие: **(1 балл)**
 - А. Открытия ионных каналов
 - Б. Запуска транскрипции
 - В. Деления клеток
 - Г. Синтеза белка

2. Мембранный потенциал каких клеток увеличится (станет менее отрицательным), когда Ушко прыгает на восток? Укажите номера клеток на рисунке, ответ поясните. **(7 баллов)**

Задача 2. Элементы крови (8 баллов)

1. Исходя из количества элементов крови в 1 мкл крови человека, подберите логические пары между элементами крови: эритроциты, лейкоциты и тромбоциты и цифрами: тысяча, сто тысяч и миллион. **(1 балл)**
2. Каковы основные функции у эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов? **(2 балла)**
3. Выберите из элементов крови те, которые наиболее эффективно можно использовать для зарядки наноробота, проникшего в форменный элемент крови и работающего на АТФ. Распишите сколько АТФ может быть синтезировано из 1 молекулы глюкозы в эритроцитах, тромбоцитах и лейкоцитах человека. **(3 балла)**
4. Какие из этих элементов крови можно использовать для ДНК диагностики митохондриальных заболеваний? **(1 балл)**
5. Какие из этих элементов крови могут быть использованы для генетических анализов на определение отцовства? Объясните свои ответы. **(1 балл)**

Задача 3. Пептид, проникающий в клетку (8 баллов)

Учёные синтезировали CPP (Cell Penetration Peptide) – короткий пептид, проникающий в клетку, для адресной доставки лекарственной наноконструкции. Последовательность нуклеотидов из середины кодирующего участка мРНК содержит информацию о пептиде, включая стартовый и стоп кодон.

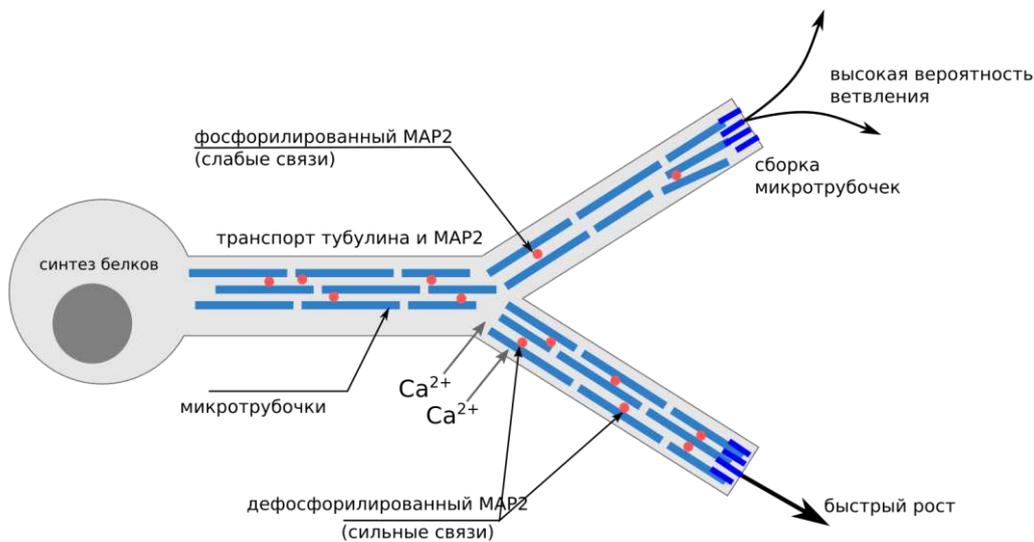
1. Используя таблицу кодонов, определите закодированный пептид. **(2 балла)**

Таблица кодонов				
1-е основание	2-е основание			
	U	C	A	G
U	UUU Фенилаланин (F) UUC Фенилаланин (F) UUA Лейцин (L) UUG Лейцин (L)	UCU Серин (S) UCC Серин (S) UCA Серин (S) UCG Серин (S)	UAU Тирозин (Y) UAC Тирозин (Y) UAA Стоп-кодон (Ochre) UAG Стоп-кодон (Amber)	UGU Цистеин (C) UGC Цистеин (C) UGA Стоп-кодон (Opal) UGG Триптофан (W)
C	CUU Лейцин (L) CUC Лейцин (L) CUA Лейцин (L) CUG Лейцин (L)	CCU Пролин (P) CCC Пролин (P) CCA Пролин (P) CCG Пролин (P)	CAU Гистидин (H) CAC Гистидин (H) CAA Глутамин (Q) CAG Глутамин (Q)	CGU Аргинин (R) CGC Аргинин (R) CGA Аргинин (R) CGG Аргинин (R)
A	AUU Изолейцин (I) AUC Изолейцин (I) AUA Изолейцин (I) AUG Метионин, (M) Стартовый	ACU Треонин (T) ACC Треонин (T) ACA Треонин (T) ACG Треонин (T)	AAU Аспарагин (N) AAC Аспарагин (N) AAA Лизин (K) AAG Лизин (K)	AGU Серин (S) AGC Серин (S) AGA Аргинин (R) AGG Аргинин (R)
G	GUU Валин (V) GUC Валин (V) GUA Валин (V) GUG Валин (V)	GCU Аланин (A) GCC Аланин (A) GCA Аланин (A) GCG Аланин (A)	GAU Аспарагин. кислота (D) GAC Аспарагин. кислота (D) GAA Глутамин. кислота (E) GAG Глутамин. кислота (E)	GGU Глицин (G) GGC Глицин (G) GGA Глицин (G) GGG Глицин (G)

2. Используя буквенный код аминокислот, расшифруйте закодированное слово. **(2 балла)**
3. Средняя молекулярная масса аминокислотного нуклеотида – 300 Да. Сколько весит кодирующий пептид ген? **(2 балла)**
4. Назовите серосодержащие аминокислоты, которые содержатся в этом пептиде. **(2 балла)**

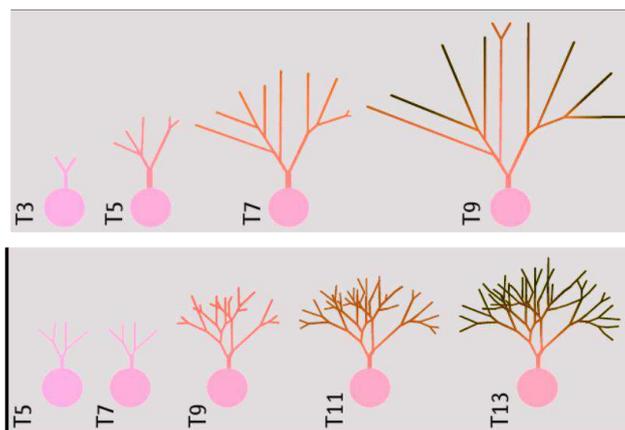
UUU UUC AUG UGC CAU GAA AUG AUU UCU ACU CGU UAU UGA CCG CCC

Задача 4. Рост нейронов (8 баллов)



Нейроны образуют сложные ветвящиеся структуры, форма их бывает весьма различной. При образовании будущих дендритов и аксонов из первичных нейритов конкурируют два процесса на конусе роста: дальнейшее удлинение данного нейрита либо его ветвление на два дочерних нейрита. Выбор между двумя вариантами зависит от того, насколько прочно связаны между собой микротрубочки поперечными шивками. Эти шивки обеспечиваются белком MAP2, который может быть в фосфорилированном состоянии, и тогда связи слабые, или в дефосфорилированном состоянии, и тогда связи сильные. И скорость фосфорилирования, и скорость дефосфорилирования зависят от концентрации цитоплазматического $[Ca^{2+}]$, который поступает через поверхность нейрита и может свободно диффундировать по отросткам. При этом чувствительность к $[Ca^{2+}]$ у этих процессов может быть различна.

1. Опишите функции дендритов и аксонов нейронов. **(2 балла)**
2. При каком состоянии MAP2 выше вероятность ветвления отростков, чем их роста? **(1 балл)**



3. На рисунке показаны два сценария развития нейрона (Т — время, более темные участки соответствуют более высокой $[Ca^{2+}]$). Какой из сценариев (верхний или нижний) соответствует реализации условия, что максимальная скорость дефосфорилирования MAP2 достигается при более низкой концентрации $[Ca^{2+}]$, чем скорость фосфорилирования? Свой ответ обоснуйте. **(5 баллов)**

Задача 5. Аварийный рацион (8 баллов)

Межгалактический космический корабль потерпел аварию, однако одному из космических путешественников – гуманоиду с планетной системы Тау Пса – удалось спастись в спасательной капсуле. Аварийный паек, рассчитанный на все разумные расы, представляет собой батончики, состоящие из воды (20%, энергетическая ценность 0 кДж/г), лецитина (10%, энергетическая ценность 40 кДж/г), протеина (10%, энергетическая ценность 17 кДж/г) и крахмала (60%, энергетическая ценность 17 кДж/г). Один батончик весит 100 г, на борту капсулы есть 4 батончика. Пищеварение таупсиан устроено так же, как у человека, однако они не усваивают сложные углеводы. Абсолютная минимальная потребность в энергии для таупсианина – 2000 кДж в сутки, в отличие от человека он не может прожить без питания ни одного дня. Спасательный крейсер сможет прибыть к месту аварии через 3 дня, сможет ли таупсианин дождаться помощи? Что изменится, если у таупсианина с собой есть таблетка с наноструктурированным препаратом амилазы?

Задача 6. Начинка из фуллеренов (20 баллов)

Известно, что фуллерены обладают антиоксидантными свойствами, которые можно использовать в терапевтических целях. Профессор Варезкин предложил использовать липосомы для того, чтобы повысить растворимость фуллерена C_{60} , а также обеспечить адресную доставку в поврежденный орган.

1. Молекулы фуллерена C_{60} обладают следующими свойствами (выбрать нужное): **(3 балла)**
- А. Имеют π -связи между атомами углерода
 - Б. В состав одной молекулы входит 120 атомов углерода
 - В. Гидрофобны
 - Г. Растворимы в воде
 - Д. Нейтрализуют свободные радикалы

2. Схематично изобразите липосому, загруженную молекулами фуллерена, подпишите части рисунка, коротко поясните, почему схема выглядит именно так. **(6 баллов)**
3. Сколько молекул фуллерена приблизительно может быть транспортировано в одной липосоме? Для расчетов примите, что профессор Варезкин взял однослойные липосомы из смеси фосфолипидов, внешний диаметр которых составляет 100 нм, толщина липидного бислоя 10 нм, диаметр молекулы фуллерена C_{60} – 1 нм. Для упрощения расчетов считайте число π равным 3. Выберите вариант, наиболее близкий к полученному Вами числу, подтвердите его расчетами, вычисления поясните словами. **(6 баллов)**
 - A. 1
 - B. 10
 - B. 50000
 - Г. $5 \cdot 10^{10}$
4. Какой фактор ограничивает емкость липосомы для фуллеренов? **(3 балла)**
5. Что нужно добавить в систему липосомы-фуллерен для того, чтобы обеспечить адресную доставку в пораженный орган? **(2 балла)**

Задача 7. Мутация меняет все? (20 баллов)

На одном острове обитают популяции редких мангустов, а также лягушек, кузнечиков и змей. Основным источником питания кузнечиков являются злаки. Пусть средний суммарный прирост биомассы мангуста, необходимый для его нормальной жизнедеятельности, составляет 20 кг/год. В 1 кг их биомассы содержится 200 кДж энергии.

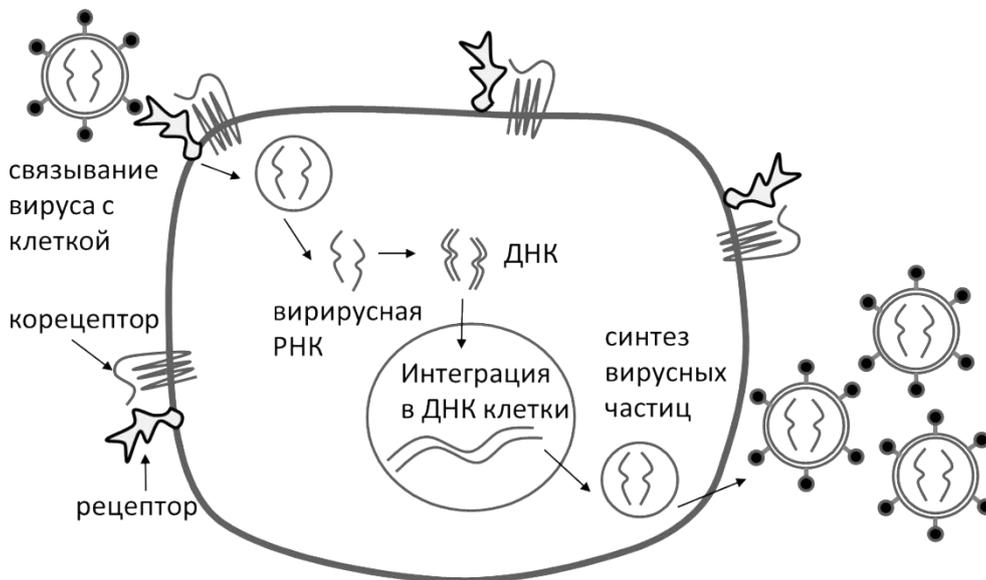
1. Как называется правило, согласно которому происходит перенос энергии с одного уровня энергии на другой? **(2 балла)**
2. Составьте трофическую цепь из обитателей острова, укажите продуцентов и консументов. **(3 балла)**
3. Определите массу злаков, необходимую для прироста биомассы мангуста за год, если в 1 кг злаков содержится 100 кДж энергии. **(8 баллов)**

Удаленность острова и его изолированность привлекли один крупный агрокультурный холдинг, который решил использовать остров для проверки своего нового удобрения, созданного на основе нанотехнологий и распыляемого в виде спрея. Сверхмалые размеры частиц значительно облегчали проникновение удобрения, облегчали его распространение, что позволило значительно экономить на его количестве. Ранее удобрение довольно неплохо показало себя на некоторых культурных злаках, однако на нашем острове опрыскивание к увеличению производительности не привело. При этом было обнаружено, что неожиданно среди злаков развилась мутация в аутосомном двухаллельном гене (**Aa**). Проявлялась мутация как появление горького вкуса у злаков, да такого сильного, что даже кузнечики отказывались их есть. В остальном горькие злаки ничем не отличались от нормальных. Эксперименты были немедленно свернуты. А компания занялась подсчетом убытков и оценкой угрозы животным острова, в первую очередь редким мангустам.

4. Оцените ущерб, нанесенный испытанием мангустам. Известно, что горький вкус развивался только у гомозигот **aa**, причем пенетрантность гена составляет 25%, а частота встречаемости аллеля **a** составляет 0,2. Рассчитайте, насколько уменьшится прирост биомассы у мангустов в следующем поколении и как это повлияет на их популяцию? (7 баллов)

Задача 8. ВИЧ (20 баллов)

Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) представляет реальную угрозу для всего человечества. По данным ВОЗ, вирусом инфицировано около 40 миллиона человек. Вирус размером 100-120 нм имеет на своей поверхности специальные белки, связывающиеся с рецептором CD4 на поверхности определенных клеток. Этому способствуют корецепторы CXCR5 и/или CCR5. После этого вирус сливается с мембраной клетки, что приводит к проникновению РНК и белков вируса в клетку. На матрице вирусной РНК с помощью особого вирусного фермента синтезируется ДНК, которая впоследствии встраивается в геном клетки.



- С какими клетками взаимодействует ВИЧ? (1 балл)
 - эритроцитами
 - Т-лимфоцитами
 - В-лимфоцитами
 - всеми клетками организма
- Как называется вирусный фермент, осуществляющий синтез ДНК на матрице РНК? (1 балл)
 - ДНК-гираза
 - ДНК-полимераза
 - РНК-полимераза
 - Обратная транскриптаза
- У некоторых людей есть врожденная устойчивость к вирусу ВИЧ. С чем связана эта устойчивость? (2 балла)
- В связи с особенностями инфицированных клеток предположите, каковы основные причины летального исхода заражённых пациентов? Почему? (2 балла)

5. Представьте, что Вы разрабатываете лекарство от ВИЧ. У Вас есть все современные технологии и даже немного будущих. Например, направленная доставка лекарств, редактирование генома, синтез молекул любого состава для связывания с любыми белками, ингибиторы и активаторы любых ферментов и т.д. Предложите механизм действия разрабатываемого лекарства, чтобы оно:

- 1) Предотвращало связывание вируса с клеткой. **(4 балла)**
- 2) Предотвращало синтез новых вирусных частиц. **(4 балла)**

Свой ответ максимально обоснуйте.

6. Тимоти Рэй Браун, известный как «Берлинский пациент», – единственный пока ВИЧ-положительный пациент, полностью излечившийся от вируса. После 10 лет антиретровирусной терапии у него обнаружили лейкоз (рак крови). Для его лечения он прошёл курс химиотерапии, которая уничтожила собственные лейкоциты пациента, после чего ему был трансплантирован костный мозг с предшественниками иммунных клеток здорового донора. И о чудо! «Берлинский пациент» полностью излечился и от лейкоза, и от ВИЧ. Конечно, это результат очень многих факторов, но тем не менее, как Вы думаете, в чем основная причина успеха? **(2 балла)**
7. Даже такого монстра, как ВИЧ, можно использовать во благо. Придумайте способ, как применить вирус в медицине. Дайте волю фантазии, но не забудьте указать, за счет чего и на какие клетки он будет действовать, что он может с ними делать, как его нужно модифицировать, чтобы он не вызвал заражение. **(4 балла)**