



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 1. Наноантибиотик



Прошло уже 90 лет с открытия Александром Флемингом первого антибиотика – пенициллина. Сложно сосчитать, сколько раз антибиотики спасали человечество от всевозможных заболеваний. Но первое применение пенициллина положило начало гонке вооружений между бактериями и человеческим разумом. Бактерии начали быстро эволюционировать, придумывая все более изощренные способы борьбы с антибиотиками, а человечество – все более совершенные антибиотики. На сегодняшний день проблема антибиотикорезистентности, то есть устойчивости многих опасных штаммов бактерий к существующим антибиотикам, нависла над нами, как дамоклов меч.

1. Чем отличаются грамположительные и грамотрицательные бактерии? Какие из них чаще оказываются патогенными? **(0.5 балла)**
2. Что обычно представляет собой антибиотик? Приведите примеры групп антибиотиков **(0.5 балла)**
3. Подумайте, какие механизмы могут использовать бактерии для борьбы с антибиотиками? **(до 0.5 балла за механизм, максимум 1)**
4. Придумайте, как мы можем усовершенствовать антибиотики, чтобы бороться с антибиотикорезистентностью. **(до 1 балла за идею, максимум 3)**
5. В качестве агента по борьбе с бактериями можно применять наночастицы серебра. Оцените, насколько возможно возникновение резистентности к наночастицам? **(1 балл)**

Всего – 6 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Решение задачи 1. Наноантибиотик

1. Грамотрицательные бактерии не окрашиваются кристаллическим фиолетовым при окрашивании по Граму, а грамположительные бактерии – окрашиваются и не отмываются. Большинство Грам (-) бактерий имеют вторую прочную мембрану, препятствующую проникновению краски внутрь, а Грам (+) бактерий имеют только однослойную клеточную мембрану. Большинство патогенов является Грам (+), например, стрептококки и стафилококки.
2. Антибиотики — это молекулы, подавляющие рост бактерий. Наиболее распространены бета-лактамы (пенициллиновая группа) антибиотики, макролиды и тетрациклины.
3. Примеры: (1) укрепление внешней мембраны, (2) выработка ферментов, расщепляющих или инактивирующих антибиотик, (3) синтез каналов или транспортеров, выводящих антибиотик наружу, (4) быстрая репарация повреждений, вызванных антибиотиком, (5) создание альтернативных биохимических путей при блокировании одного из них антибиотиком, (6) мутация рецепторов связывания с антибиотиком и др.
4. Примеры: (1) защита действующего вещества капсулами, (2) модификация химической формулы, (3) комбинация существующих антибиотиков с блокаторами ферментов и каналов, ответственных за резистентность, или молекулами, образующими пору в мембране бактерий и др. Принимается любая идея, имеющая биологический смысл.
5. Пока наночастицы выглядят довольно перспективным средством борьбы с бактериями, но все же несовершенным. Наночастицы серебра могут воздействовать на бактерии двумя способами: (1) механически, (2) с помощью ионов серебра. От механических повреждений (1) можно защититься, выработав прочную клеточную стенку, но большинство патогенов Грам (+) ее не имеют. Считается, что от ионов серебра (2) защититься довольно сложно. Но теоретически бактерии могут «придумать» молекулы, которые бы связывали ионы серебра. К тому же, существуют бактерии, которые уже могут восстанавливать ионы серебра Ag^+ до серебра Ag^0 , формируя наночастицы.



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 2. Молекулярный мотор

В лаборатории, занимающейся изучением биологических молекулярных моторов, была расшифрована линейная последовательность кодонов ДНК, служащей матрицей для синтеза части последовательности небольшого участка цепи белка:

AAA-ACA-AGA-GAA-GTT- ACA -TAC-GGA-ACA

1. Напишите последовательность кодонов иРНК. **(1 балл)** Какие аминокислоты в белковой молекуле кодируются такой последовательностью нуклеотидов? **(1 балл)**
2. Исходя из свойств закодированных аминокислот, предположите, какое место они могут занимать в белковой глобуле в водном растворе, объясните Ваши предположения. Какие связи они могут друг с другом образовывать? **(1 балл)**
3. Что мешает использовать для создания биологических наномоторов аминокислоты, которые синтезируют химическим путем? **(1 балл)**
4. Один из природных наномоторов служит для синтеза АТФ в митохондриях и этот процесс связан с переносом электронов по электронтранспортной, или дыхательной, цепи (ЭТЦ) и протондвижущей силой.
 - 4.1. Как называется этот молекулярный мотор? **(1 балл)**
 - 4.2. Зная, как работает этот молекулярный мотор в митохондриях, напишите, где значение рН больше: в матриксе митохондрий или в пространстве между внутренней и внешней митохондриальными мембранами? **(1 балл)**
5. Приведите еще примеры существующих в природе белковых молекул, которые могут служить молекулярными моторами. **(1 балл)**

Всего – 7 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Решение задачи 2. Молекулярный мотор

1. Последовательность кодонов иРНК:
UUU- UGU -UCU-CUU-CAA- UGU-AUG-CCU-UGU Фенилаланин- Цистеин -Серин-Лейцин-
Глутамин- Цистеин-Метионин-Пролин-Цистеин

2. Фенилаланин, лейцин, метионин и пролин – неполярные аминокислоты, они гидрофобны и скорей всего находятся внутри белковой глобулы.

Серин, глутамин и цистеин – гидрофильны – поэтому, вероятнее всего, они будут находиться на поверхности белка.

Плюс между аминокислотами в цепи помимо пептидных возможно образование водородных связей, а между цистеинами – образование S-S связей.

3. При химическом синтезе получают смесь L- и D- оптических изомеров аминокислот, которые трудно разделить.

4.

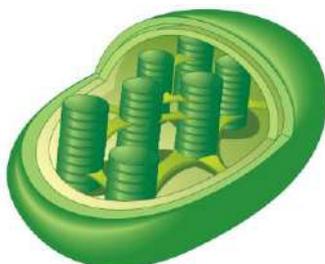
4.1. Это АТФ-синтаза.

4.2. Если брать в качестве примера работу АТФ-синтазы, то концентрация протонов в матриксе меньше, чем в межмембранном пространстве, значит, в матриксе среда более щелочная.

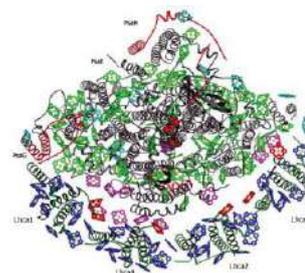
5. Кинезины, миозины, динеины, РНК и ДНК полимеразы.



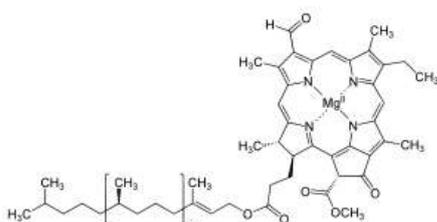
а



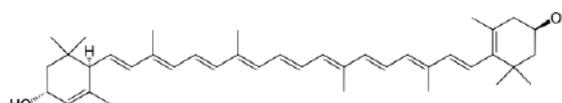
б



в



г



д

Рис. 1. а) Зеленый лист. б) Хлоропласт. в) Модель одной из «антенн», используемой хлоропластами для улавливания света, содержит несколько сотен молекул хлорофилла. г) Строение молекулы хлорофилла. д) Строение молекулы одного из дополнительных пигментов, содержащихся в «антенне».

Зеленый цвет растениям придает хлорофилл — пигмент, содержащийся в собирающих свет наноантеннах (рис. 1). На пути солнечного света к собирающим его растениям часто могут оказываться различные частицы и неоднородности среды с размерами порядка десятков – сотен нанометров, которые вполне могли участвовать в эволюции процесса фотосинтеза.

1. Какие основные цвета могут возникать при взаимодействии белого солнечного света с такими наночастицами? Приведите примеры соответствующих природных явлений. **(1 балл)**
2. Какие цвета из белого солнечного света избирательно поглощаются молекулами хлорофилла? **(1 балл)**

Предположим, что взаимодействие света с частицами могло играть решающую роль в эволюции фотосинтеза.

3. Как в таком случае можно было бы объяснить особенности спектра поглощения хлорофилла? Каким главным стратегиям поглощения света они могут соответствовать? **(2 балла)** Приведите примеры условий, в которых каждая из них может оказаться важной в жизни растений. Помогают или мешают при этом наночастицы, попадающиеся на пути света? **(2.5 балла)**

Вместе с хлорофиллом в «антеннах» также используются дополнительные пигменты (обычно их существенно меньше, поэтому их оранжево-желтую окраску мы можем увидеть только осенью в пожелтевших листьях, когда хлорофилл разрушается).

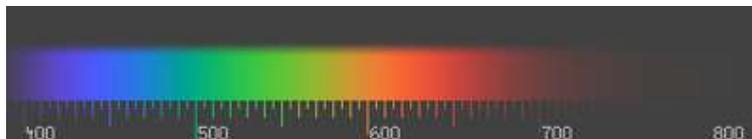
4. Поясните, какова роль этих молекул в процессе фотосинтеза. Как с их помощью растение может более эффективно использовать весь объем листа для фотосинтеза? **(2 балла)**

5. Как вы думаете, у растений или у водорослей эти пигменты играют большую роль в процессе усвоения солнечной энергии? Ответ поясните наглядными примерами. **(1.5 балла)**

Всего – 10 баллов

Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 3. Настройка фотосинтеза

1. Видимый диапазон длин волн.

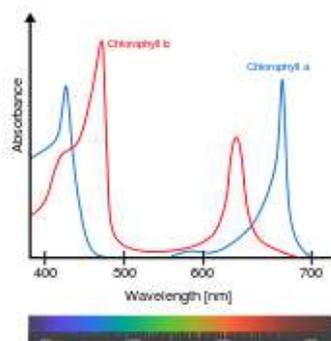
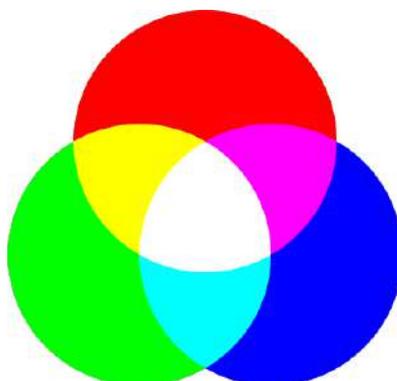


Если размеры частиц или неоднородностей среды заметно меньше длин волн света, то возникает Релеевское рассеяние. Сильнее всего при этом рассеивается **синяя** часть спектра, а проходящий свет при этом приобретает **красный** оттенок.

Рассеянный синий свет обуславливает цвета дымки и дыма, а также синий цвет неба (рассеяние происходит как на мелких частицах, так и на неоднородностях плотности атмосферы). Избыток красного в прошедшем свете обуславливает красный закат (особенно ярко окрашенный, когда в атмосфере много мелкой пыли).

Стоит отметить, что наночастицы не участвуют в образовании радуги: размеры капель воды, на которых преломляется свет, находятся в микрометровом диапазоне.

2. Белый свет получается при смешивании красного, зеленого и синего света. Соответственно, если из белого солнечного света «забрать» **красный** и **синий**, то останется **зеленый**:



3. Если предположить, что хлорофилл «настроен» на поглощение **синего** и **красного** солнечного света благодаря Релеевскому рассеянию на частицах, то, следовательно, основные стратегии:

- а) Поглощение **рассеянного** средой (небом) **синего** света. Стратегия может использоваться, если прямой солнечный свет не попадает на растение (например, оно растет в тени). При этом наночастицы будут **помогать** получить растениям больше солнечного света, который не может попасть к ним прямым путем.
 - б) Поглощение **прошедшего** сквозь среду **красного** света, который лучше «пробивается» через мутную среду. При этом, очевидно, частицы **мешают** получать энергию солнца. Эта стратегия может оказаться важной для выживания, если среда вдруг надолго станет мутной (с большим количеством частиц). Чтобы в атмосфере оказалось много измельченного вещества (частиц), необходимы катастрофические процессы, при которых выделяется много энергии. Это могут быть такие глобальные катаклизмы, как извержения вулканов, падение метеоритов (эффект «ядерной зимы»), а также пылевые бури и большие пожары. При этом количество света резко уменьшается, и к растениям будет «пробиваться» преимущественно красный свет.
4. Пигменты защищают клетки от избытка излучения (способны останавливать фотосинтез, а также улавливать образующиеся в ходе него свободные радикалы).

Интересно, что пигменты также помогают растениям поглощать, в том числе, **зеленый** свет и, передавая его энергию молекулам хлорофилла, использовать его в процессе фотосинтеза. При этом **красный** и **синий** свет могут поглощаться преимущественно в верхних частях листа, в то время как **зеленый** – поглощаться в глубине листа, куда **красный** и **синий** свет уже почти не доходят. Таким образом, «зеленое окно» в спектре поглощения хлорофилла также служит для более равномерного распределения энергии и скорости фотосинтеза внутри листа.

5. Более разнообразная окраска водорослей, обычно с преобладанием желто-зеленых цветов, часто отражающаяся в их названиях (красные и бурые водоросли), свидетельствует о наличии у них больших количеств пигментов по сравнению с растениями.

Поскольку вода – более плотная, чем воздух среда, то частицы в ней оседают гораздо медленнее, чем в атмосфере. Поэтому освещенность быстро падает с ростом глубины, что заставляет водоросли более эффективно поглощать любые дошедшие кванты света.

Также, красный и синий цвета активно поглощаются фотосинтезирующими организмами в толще воды, что вынуждает живущих на глубине обитателей активно использовать «зеленое окно», подобно тому, как это происходит в толще листа растений.



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 4. Вкусный вопрос



Приятно положить на язык что-нибудь вкусненькое! Вкус пищи мы ощущаем благодаря вкусовым рецепторам, расположенным на языке, но и обоняние тоже дает свой вклад в те ощущения, которые мы получаем от пищи. Рецепторные клетки, распознающие вкус, расположены в специальных образованиях на языке, которые называются вкусовыми сосочками. При взаимодействии с химическими веществами, содержащимися в пище, рецепторные клетки возбуждаются и передают сигнал в головной мозг, и мы чувствуем вкус.

1. Сухая пища дает более слабое ощущение вкуса, ее вкус раскрывается полностью только после растворения в слюне. Как Вы думаете, почему? **(1 балл)**
2. На поверхности вкусовых рецепторных клеток имеется большое количество микроворсинок, а обонятельные рецепторные клетки покрыты слизью и имеют на своей поверхности реснички. Как Вы думаете, зачем это нужно? **(2 балла)**
3. Почему, если выпить слишком горячий чай, то на некоторое время пропадает способность различать вкус, а затем она снова восстанавливается? **(1 балл)**
4. Кроме рецепторов к веществам, определяющих четыре известных вкуса, недавно были обнаружены рецепторы к еще двум типам веществ и, соответственно, было выделено еще два вкуса. Выберите из списка, какие это вкусы. **(2 балла)**

апельсиновый	горелый	грибной
жирный	мясной	острый
мятный	несъедобный	яблочный

5. Такие известные вещества, как ментол и капсаицин, взаимодействуют не со вкусовыми рецепторами, а с терморецепторами, расположенными не только на языке, но и по всему телу (рецепторы TRPM8 для ментола и TRPV1 для капсаицина). При добавлении ментола и капсаицина в пищу мы чувствуем определенные ощущения. Опишите их для каждого из этих веществ. **(1 балл)** Этанол влияет на чувствительность рецепторов к ментолу и капсаицину: в случае с рецептором капсаицина имеет место повышение чувствительности, а в случае с рецептором ментола алкоголь, наоборот, снижает его чувствительность. Объясните, почему и как это связано с механизмом работы терморецепторов. **(6 баллов)**

Всего – 13 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Решение задачи 4. Вкусный вопрос

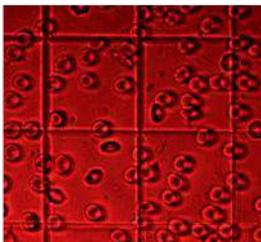
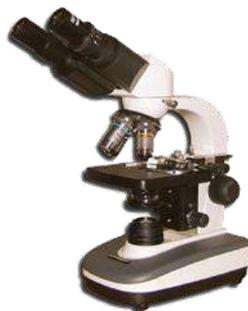
1. Для распознавания вкуса молекулы вещества должны взаимодействовать с рецепторами на рецепторных клетках. Они могут достигнуть этих рецепторов только путем диффузии в растворе.
2. Микроворсинки увеличивают площадь поверхности клетки, благодаря чему увеличивается количество молекул-рецепторов, с которыми взаимодействуют компоненты пищи, вызывающие вкусовые ощущения.

Слизь нужна для того, чтобы летучие молекулы пахучих веществ перешли в раствор. Реснички, увеличивая поверхность клеток, помогают улавливать летучие вещества из слизи.

3. Рецепторные клетки отмирают при воздействии высокой температуры, однако затем они снова появляются, развиваясь из базальных клеток вкусовых лукович.
4. Жирный, мясной.
5. Ощущения: ментол – мятный, холодный, капсаицин – жгучий, горячий.

Рецептор ментола – холодовой рецептор, изменяет свою конформацию на проводящую ионы при сжимании липидов мембраны при снижении температуры. Этанол, наоборот, разупорядочивает липиды мембраны, «расширяет» мембрану и таким образом противодействует эффекту ментола.

Рецептор капсаицина – рецептор повышения температуры, переходит в активную форму при «расширении» мембраны, разупорядочении ее липидов (что происходит при повышении температуры). Этанол также разупорядочивает липиды мембраны, благодаря чему эффект капсаицина усиливается.

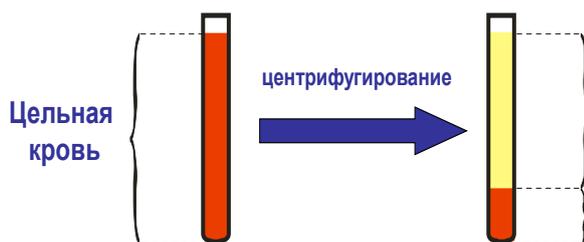


Кровь – одна из важнейших тканей в организме, выполняющая ряд функций и состоящая из жидкой среды – плазмы – и клеток – форменных элементов крови (эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов). Что вы знаете о крови? Ниже Вам будет задано несколько вопросов о крови, попробуйте на них ответить.

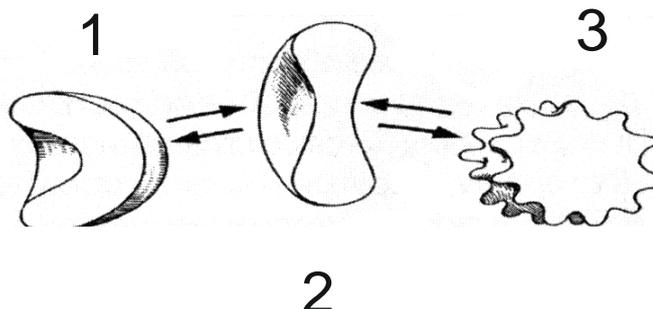
1. К какому виду ткани относится кровь: **(1 балл)**

- а) эпителиальной
- б) соединительной
- в) нервной
- г) мышечной

2. Часто в медицине вместо одного из компонентов крови – плазмы – используют сыворотку крови. Чем они отличаются, как и для чего используют сыворотку крови? **(2 балла)**

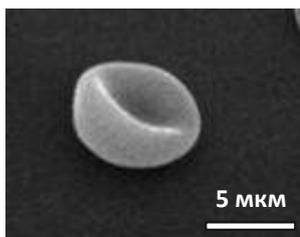


3. Известно, что эритроциты способны обратимо изменять свою морфологию (например, при изменении ионной силы или pH). Ниже на рисунке приведены три основных формы эритроцитов. Назовите их. **(2 балла)**

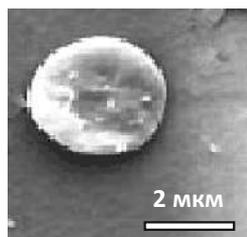


4. Ниже приведено несколько фотографий форменных элементов крови. Сопоставьте название клетки его изображению. **(3 балла)**

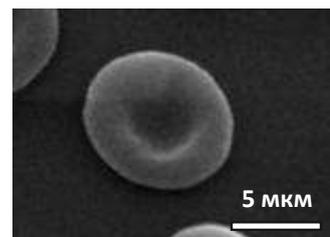
тромбоцит (активированный)
тромбоцит (неактивированный)
лимфоцит
эритроцит (дискоцит)
эритроцит (стоматоцит)
эритроцит (эхиноцит)



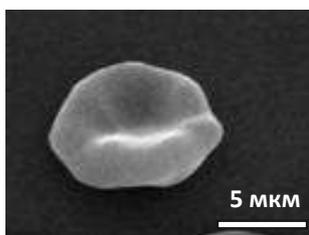
а



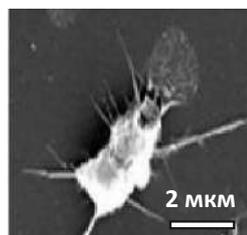
б



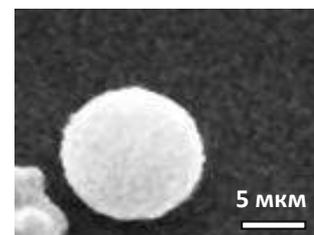
в



г



д



е

5. Кратко ответьте, какие компоненты крови способны выполнять транспортную функцию? **(1 балл)**

Для того, чтобы наночастицы попали в органы-мишени, их, как правило, вводят внутривенно. К сожалению, ионный состав плазмы приводит к тому, что металлические наночастицы агрегируют между собой и подвергаются воздействию иммунной системы, после чего в большинстве случаев оказываются в печени, а затем постепенно выводятся из организма.

6. Предложите способ введения металлических наночастиц (будем считать их экспериментальным аналогом наноробота) в кровь, позволяющий избежать их агрегации и удаления иммунной системой. (Предлагая механизм, постарайтесь опираться на данные о строении и функционировании компонентов крови.) **(максимум 5 баллов)**.

Всего – 14 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 5. Что Вы знаете о крови?

1.
 - б) соединительной
2. Сыворотка крови — это плазма крови, лишённая фибриногена. В сыворотке сохранена большая часть антител, а за счёт отсутствия фибриногена резко увеличивается стабильность, что делает ее более удобной для использования.

Сыворотку используют для диагностики, а также при биохимическом анализе крови. Кроме того, существуют иммунные сыворотки, содержащие антитела к определенным антигенам. Их используют для создания иммунитета к различным заболеваниям или ядам, а также при диагностике или научных исследованиях (например, сыворотки меченые различными флуоресцентными красителями и радионуклидами).
3. 1 – стоматоцит
2 – дискоцит
3 – эхиноцит
4.
 - а) эритроцит (стоматоцит)
 - б) тромбоцит (неактивированный)
 - в) эритроцит (дискоцит)
 - г) эритроцит (эхиноцит)
 - д) тромбоцит (активированный)
 - е) лимфоцит
5. Одна из основных функций крови – транспортная. К ее выполнению в той или иной степени способно большинство ее компонентов, однако можно выделить наиболее приспособленные для этого. Это – **эритроциты**, способные переносить на поверхности различные вещества, а также транспортировать различные газы. Кроме того, транспортную функцию выполняют белки плазмы, такие как **липопротеины**, **альбумины** и некоторые **глобулины**.
6. Можно условно разделить нашу задачу на две части: 1) введение наночастиц; и 2) защита от действия иммунной системы.

Общие замечания. Ответом на заданный вопрос можно считать модульную конструкцию, в состав которой входит металлическая наночастица. Наночастица модифицируется так, чтобы к ней можно прикрепить модуль, отвечающий за распознавание модуля иммунной системой, затем прикрепляется транспортный модуль (который может включать вышеописанные компоненты крови), также могут присутствовать другие модули, например, отвечающие за попадание непосредственно в орган-мишень, если есть такая необходимость.

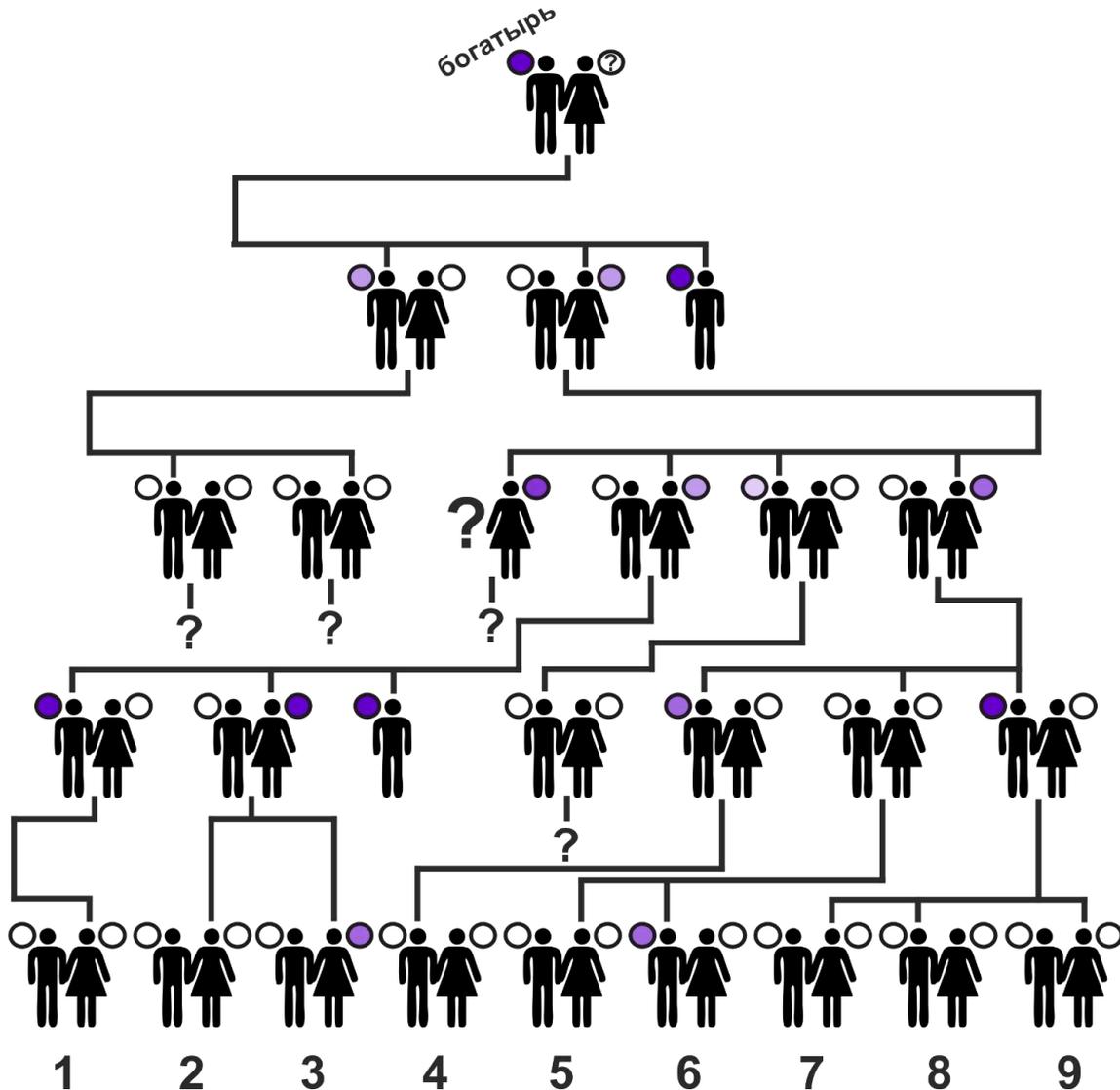
Введение наночастиц. Если нельзя ввести наночастицы напрямую в кровь, то можно выделить компоненты крови и попытаться ввести туда наночастицы, а затем ввести

такие компоненты в кровь. Самыми перспективными в этом отношении являются компоненты, наиболее приспособленные для транспорта веществ – эритроциты и белки плазмы (липопротеины, альбумины и некоторые виды глобулинов). Эритроциты и белки можно выделить из крови пациента, а можно использовать донорские, затем поместить их в среду другого ионного состава, в которой эритроциты и белки не разрушаются, а металлические наночастицы остаются наночастицами, а затем инкубировать их с необходимыми наночастицами. Также, особенно в случае с белками, возможна дополнительная модификация наночастиц различными белковыми и небелковыми компонентами для облегчения соединения (здесь возможны различные варианты связей).

Защита от действия различных факторов иммунной системы. В настоящее время подобная процедура уже отработана, если не с наночастицами, то с различными веществами и лекарствами. Как правило, производится модификация наночастиц различными пептидами или другими веществами, позволяющими иммунной системе считать данный объект частью организма.

В целом, ответ на вопрос может включать другие гипотезы, но идеи о модификации наночастиц, а также о присоединении таких частиц к выделенным компонентам крови должны присутствовать.

Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Задача 6. Наследники богатыря



В стародавние времена жил на свете один богатырь, который, как и положено богатырю, обладал огромной силой и скоростью, а в бою мог на равных биться с отрядом из нескольких десятков воинов. У богатыря была семья и многие в ней, как мужчины, так и женщины, также обладали сверхспособностями, а некоторые (но не все) из потомков даже сравнивались своими качествами с легендарным предком.

Представьте себе, что вы исследователь, который в старых архивах нашел часть генеалогического древа, принадлежащего нескольким потомкам легендарного героя. На основании этих данных была построена схема, которую Вы видите на рисунке. На рисунке приведена часть генеалогического древа богатыря. Фигурка обозначает пол человека (фигурка в платье – женщина). Интенсивность цвета кружков рядом с фигурками означает наличие сверхспособностей, чем цвет насыщеннее, тем быстрее и сильнее человек (самый насыщенно фиолетовый кружок у богатыря и некоторых его потомков). Белый цвет кружка означает, что физические возможности потомка богатыря не превышают возможностей среднестатистического человека.

На основании доступных Вам данных предположите:

1. По какому механизму наследования передавалась богатырская сила? **(3 балла)**
2. У каких семей из нижнего ряда данной схемы могут родиться дети с повышенными физическими возможностями (укажите номера)? **(4 балла)**
3. Что вы можете сказать о родителях богатыря и его жене? **(3 балла)**

Ответы засчитываются только при наличии объяснения (хотя бы краткого).

Всего – 10 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 6. Наследники богатыря

Если внимательно посмотреть на генеалогическое древо, то можно заметить, что сверхспособности передаются только по материнской линии, как дочерям, так и сыновьям, причем величина (проявление) сверхспособностей варьирует и не зависит от пола или поколения потомка. Более всего таким условиям соответствует митохондриальное наследование.

В этом случае сверхсила и суперскорость могут передаваться только от тех родителей, у которых носителями сверхспособностей была мать или бабушка по материнской линии (или еще более давние предки женского рода по материнской линии), поскольку интенсивность сверхспособностей может варьировать от поколения к поколению и не проявиться в каком-либо из поколений. Этим условиям удовлетворяют пары 2, 3 и 5.

В случае митохондриального наследования также можно предположить, что мать, бабушка по материнской линии или еще ранние предки женского рода обладали сверхспособностями. Хотя вполне вероятно, что это была мутация именно у нашего богатыря. Кроме того, жена богатыря или ее предки-женщины также должны были обладать сверхспособностями, иначе они не передались бы по наследству (мы ничего не знаем о предках нашего богатыря и его жены).

Также вполне возможно, что это не митохондриальное наследование, а передача по наследству сложного признака, кодируемого несколькими генами, например, аналогично кодированию цвета глаз. В этом случае достаточно сложно оценить потомков и предков богатыря и его жены. Однако, этому предположению несколько противоречит условие передачи сверхспособностей по женской линии, мы должны предполагать сцепленное с полом наследование, в которой хотя бы один из участвующих в кодировании сверхспособностей ген должен находиться в X хромосоме, что несколько противоречит проявлению сверхспособностей у обнаруженных потомков богатыря.

Кроме того, возможны различные варианты полимерии (возможно сцепленной с полом (!)), однако в нашем случае, при наличии только части родословной (здесь присутствует очень маленькая и не вполне репрезентативная выборка), довольно сложно подтвердить ее наличие, а варианты «против» найти гораздо легче (например, неканоническое расщепление). В то время как гипотеза о митохондриальном наследовании не противоречит всем условиям задачи.

Однако, если Вам удастся создать логичную и непротиворечащую условиям схему передачи сверхспособностей у потомков другим, не митохондриальным, путем, ответ будет безусловно засчитан (ключевые слова здесь «логичную и не противоречащую условиям задачи»).



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 7. Экзобиология

Экзобиологи отправились в экспедицию на планету X, необычную своей разнообразной растительностью и с силой тяжести такой, как на Марсе. Предварительный анализ состава растительных клеток показал, что они содержат большое количество жиров и белков и, в связи с этим, потенциально могут обладать повышенной питательной ценностью для животных по сравнению с растительностью Земли. Однако, электронная микроскопия показала, что растения в клетках накапливают наночастицы меди, образуя их из солей меди, получаемых из почвы.

В экспедиции на планете X перед биологами стояло несколько задач по изучению влияния растительности планеты на разные ткани животных. В качестве привезенных лабораторных животных биологи использовали кроликов.

1. В каких тканях кроликов могут накапливаться наночастицы меди, поглощенные вместе с растениями? **(1 балл)** Какие методы биологи могли бы использовать, чтобы это исследовать? **(1 балл)**
2. При помощи каких методов биологи могли бы исследовать липидный состав мембраны живых клеток печени и скелетных мышц кролика? **(1 балл)**
3. Перед биологами стала задача выделить органоиды скелетных мышц кроликов, которых кормили местной травой. На планете Земля биологи выделяли митохондрии на центрифуге с радиусом 15 см. По протоколу выделение митохондрий на Земле проходило сначала при скорости 1000 оборотов в минуту, а потом при 12000 оборотов в минуту.
 - 3.1. Как вы думаете, какое количество оборотов в минуту на обоих этапах центрифугирования надо было бы использовать, чтобы выделить митохондрии из клеток кролика на планете X? **(3 балла)** Зачем надо использовать два этапа центрифугирования для выделения митохондрий? **(1 балл)** При какой температуре это должно происходить? **(1 балл)**
 - 3.2. Как называется такой способ выделения клеточных органелл? **(1 балл)**
 - 3.3. Как надо было бы изменить протокол центрифугирования, если бы биологам понадобилось выделить цитоплазматические везикулы, с характерным размером в несколько раз меньшим, чем у митохондрий; ядра клеток? **(2 балла)**
4. Как Вы думаете, в каких органоидах скелетных мышц и/или печени могло бы проходить накопление наночастиц и как это можно было бы диагностировать? **(2 балла)**

Всего – 13 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 7. Экзобиология

1. Исследования на токсичность наночастиц меди показали, что они накапливаются в основном в тканях печени, почек и селезенки. Для оценки токсических эффектов наночастиц меди в первую очередь проводят биохимические анализы крови, так как наночастицы меди оказывают сильные токсические эффекты и повышают такие показатели, как азот мочевины, уровень креатинина, общих желчных кислот и щелочной фосфатазы, что свидетельствует о почечной и печеночной дисфункции. Методы оптической микроскопии позволяют увидеть, что изменяется цвет почечной ткани на бронзовый и цвет клеток селезенки. Методом электронной микроскопии можно обнаружить накопление наночастиц меди в лизосомах.
2. Это ряд современных методов, таких как спектроскопия скоррелированной флуоресценции (FCS), флуоресцентная микроскопия одиночных молекул, микроскопия подавления индуцированного излучения, методы отслеживания одиночных частиц (SPT) и картирования тепловых движений (TNI), флуоресцентно-резонансный перенос энергии (FRET).
3.
 - 3.1. Для начала нам надо будет посчитать исходя из заданного - круговую скорость и центробежное ускорение для первого откручивания.

$$V = 2\pi rn = (2 \cdot 3.14 \cdot 0.15 \cdot 1000) / 60 = 15.7 \text{ м/с}$$
$$A = V^2 / r = (15.7)^2 / 0.15 = 1643 \text{ м/с}^2$$

Относительная центробежная сила на Земле была бы равна

$$A / g = 1643 / 9.81 = 167.5.$$

Так как на планете X сила тяжести, как на Марсе, а она отличается от земной в 2.644 раза, то нужно на центрифуге создать относительную центробежную силу во столько же раз больше. $167.5 \cdot 2.644 = 442.9 \text{ g}$, так как при меньшей силе ядра и остатки мембран хуже будут осаждены.

Повторим вычисления для второго откручивания.

$$V = 2\pi rn = (2 \cdot 3.14 \cdot 0.15 \cdot 12000) / 60 = 188.4 \text{ м/с}$$
$$A = V^2 / r = (188.4)^2 / 0.15 = 236630 \text{ м/с}^2$$

Относительная центробежная сила на Земле была бы равна

$$A / g = 236630 / 9.81 = 24121.3.$$

Так как на планете X сила тяжести, как на Марсе, а она отличается от земной в 2.644 раза, то нужно на центрифуге создать относительную центробежную силу во столько же раз больше, т.е. 63764 g .

Сначала осаждают ядра и остатки плазматической мембраны, а при последующем центрифугировании уже сами митохондрии. Центрифуга должна быть с охлаждением. Температура, при которой осаждают митохондрии, 4 градуса Цельсия, чтобы не повредить митохондрии при действии клеточных ферментов, которые не активны при такой температуре.

- 3.2. Такой метод выделения называется дифференциальным центрифугированием.
- 3.3. Для выделения цитоплазматических везикул, с характерным размером в несколько раз меньшим, чем у митохондрий, надо было бы увеличить относительную центробежную силу (количество оборотов в минуту), а для того, чтобы осадить ядра клеток, наоборот, ее уменьшить.
4. Накопление наночастиц, скорее всего, будет проходить в лизосомах и пероксисомах скелетных мышц и/или печени. Диагностировать это можно методами электронной микроскопии.



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Задача 8. Гематоэнцефалический барьер и нанороботы

Для того, чтобы вещества проникли в мозг, им необходимо преодолеть гематоэнцефалический барьер (ГЭБ). Гематоэнцефалический барьер – это имеющийся у всех позвоночных полупроницаемый фильтр между кровеносной системой и центральной нервной системой, основная функция которого – защита нервной ткани от находящихся в крови клеточных и неклеточных факторов, в том числе от антител и лейкоцитов (способных воспринять нервную ткань как чужеродную), различных токсинов, вирусов, бактерий и проч. Через гематоэнцефалический барьер в мозг поступают питательные и физиологически активные вещества. Транспорт веществ через ГЭБ осуществляется посредством пассивной (облегченной) диффузии как через клеточные мембраны, так и через плотные межклеточные контакты эндотелиальных клеток гематоэнцефалического барьера (липофильные вещества низкого молекулярного веса), либо используя системы специальных транспортных частиц (аминокислоты, глюкоза, пептиды и др.). Это способствует защите нервной системы от вредных воздействий, однако, при этом затрудняет лечение многих заболеваний, так как ГЭБ не пропускает целый ряд лекарственных препаратов (к которым мы будем относить и нанороботов).

Ответьте на несколько вопросов, посвященных гематоэнцефалическому барьеру:

1. Основу гематоэнцефалического барьера составляют эндотелиальные клетки. Существуют ли промежутки между клетками и каков размер межклеточных щелей между ними? **(2 балла)**
2. Под специальными транспортными системами понимают:
 - а) системы активного транспорта;
 - б) системы облегченной диффузии;
 - в) специализированные каналы;
 - г) все вышеперечисленное;
 - д) все вышеперечисленное плюс везикулярный транспорт.

Правильный ответ – **1 балл**.

3. В настоящее время нанороботы – это предмет многочисленных спекуляций. Остается непонятным, каким должен быть их размер, материал, система управления и т.д. Тем не менее, уже понятны основные принципы построения нанороботов и основные задачи, которые необходимо решить, чтобы нанороботы успешно работали. Одной из таких проблем является доставка наноробота к мишени, в нашем случае – к нервным клеткам центральной нервной системы. Предположим, что размеры нанороботов сравнимы или немного крупнее размера крупных полипептидов и они не агрегируют в крови. Предложите нетравматический способ введения наночастиц в мозг из просвета кровеносного сосуда через гематоэнцефалический барьер (ответ будет засчитан, если в предложенном механизме будут учтены данные о строении и функционировании гематоэнцефалического барьера). **(максимум 5 баллов)**

Всего – 8 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 8. Гематоэнцефалический барьер и нанороботы

1. Эндотелиальные клетки сосудов центральной нервной системы не имеют промежутков и межклеточных щелей, они располагаются сплошным слоем, а между клетками находятся т.н. плотные контакты.
2.
 - д) все вышеперечисленное плюс везикулярный транспорт.
3. Существуют разные способы (модели) прохождения гематоэнцефалического барьера. Здесь мы предлагаем рассмотреть наиболее традиционный и наименее травматичный и не рассматриваем варианты, например, с использованием инъекций в заданную область, микрокатетеров и т.д.

Как уже упоминалось в другой задаче, логично рассматривать наноробота в качестве модульной структуры, в которой есть модуль, ответственный за прохождение гематоэнцефалического барьера, модуль, выполняющий основную функцию, модуль, ответственный за распознавание иммунной системой и т.д. Данная схема также применима и к введению лекарств. Наиболее перспективно в этом случае будет выглядеть использование специальных транспортных систем в гематоэнцефалическом барьере, предназначенных для транспорта необходимых мозгу веществ. Поскольку, по условию, наши нанороботы довольно большие, то, скорее всего, в качестве модуля, ответственного за прохождение барьера, нужно использовать структуры, которые будут комплементарны рецепторам, участвующим в транспорте веществ посредством трансцитоза (например, структуру, аналогичную трансферрину для взаимодействия с трансферриновым рецептором). Также перспективным кажется вводить наночастицы в липопротеины низкой плотности с их последующей доставкой в мозг.



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 9. Необычные “кукухо”

Профессор Алехандро Плата остановился в городке Сан-Рафаель лас Флорес, в Гватемале. Делать здесь было особенно нечего – не на серебряный же рудник Эскобаль смотреть, в самом деле. Однажды вечером, гуляя по холмистым окрестностям, профессор был поражен ярким светом, который можно было видеть в зарослях местного кустарника. Как он и ожидал, это оказались светящиеся жуки “кукухо” (*Pyrophorus noctilucus*), но до чего же они были яркими! Гораздо ярче, чем те, что он видел прежде, хотя и обычные “кукухо” – самые яркие из светящихся насекомых.

Заинтересовавшись необычными жуками, профессор собрал несколько образцов и увез их с собой. Жуки неплохо прижились у него в лаборатории, однако, светились уже не так ярко. Анализ показал, что в светящихся органах этих жуков жили бактерии, на электронных фотографиях которых можно было видеть маленькие электронноплотные включения, диаметром 13–15 нм.

Съездив в ту же местность еще раз, профессор Плата привез также образцы почвы и растений оттуда и поместил их в террариум с жуками. К своему удивлению, он обнаружил, что яркость свечения жуков вновь начала возрастать! Анализ почвы и растительных остатков показал относительно высокое содержание ионов серебра.

1. Какие еще светящиеся виды членистоногих вы знаете, и на каких жизненных стадиях наблюдается свечение? **(1 балл)**
2. Опишите молекулярный механизм свечения светящихся насекомых? **(1 балл)**
3. Как насекомые используют свое свечение? **(1 балл)**
4. Предположите возможный механизм сверхяркого свечения жуков из рассказа, свое предположение обоснуйте. **(4 балла)**
5. Почему симбиоз с бактериями оказался выгодным жукам из рассказа? **(4 балла)**

Всего – 11 баллов



**Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 9. Необычные “кукухо”**

1. Насекомые – светляки (семейство жуков); кроме взрослых животных светятся также личинки и яйца, иногда и куколки; также Фриксотрикс (жук-семафор), некоторые грибные комарики (двукрылые). Некоторые многоножки и сороконожки. Кроме этого, ряд морских ракообразных.
2. Как правило, свет возникает в ходе окисления белка люциферина в присутствии фермента люциферазы.
3. Часть насекомых использует свечение для коммуникации, прежде всего при поиске и привлечении партнера. Часть – хищники – для подманивания жертвы.
4. Можно предположить, что в lanterns (органы свечения) этих жуков поселились бактерии, вырабатывающие наночастицы серебра, на которых происходил плазмонный резонанс и усиление свечения. Близость серебряного рудника Эскобаль указывает на то, что почва рядом может быть “загрязнена” серебром, свечение пропало при питании жуков обычным кормом и восстановилось, когда увеличилось содержание серебра.
5. Жуки смогли светиться ярче, т.е. более эффективно привлекать партнеров при размножении. Личинки (хищники) смогли более эффективно приманивать добычу.



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 10. Антитела природные и искусственные

Появление вторичного, или приобретенного иммунитета у высших позвоночных животных привело к резкому повышению устойчивости к различным инфекциям, выживанию после контакта с болезнетворными вирусами и бактериями, а также более эффективному выявлению в собственном организме атипичных клеток, способных перейти в раковые.

1. Перечислите клетки, обеспечивающие приобретенный иммунитет. **(0.5 балла)**

Образование антител является особенностью одного из типов клеток приобретенного иммунитета и важнейшим этапом борьбы с инфекциями и раковыми клетками. Особое строение антител гарантирует, что среди всех их вариантов найдется подходящее антитело к каждому антигену.

2. Какие клетки и в результате какого процесса синтезируют антитела? **(0.5 балла)**
Опишите строение антител и назначение их каждого функционального участка. **(0.5 балла)**

Антитела можно охарактеризовать с точки зрения их специфичности. Большая часть антител является моноспецифическими, но крайне редко встречаются и природные биспецифические антитела. Кроме того, в настоящее время проводятся активные разработки новых лекарственных препаратов, основанных на искусственных биспецифических антителах.

3. Какой участок антитела определяет его специфичность? **(0.5 балла)** В чем преимущество биспецифических антител по сравнению с моноспецифическими? **(1 балл)** Какие функции могут выполнять биспецифические антитела, и какое у них может быть строение? **(2 балла)** Предложите устройство лекарственного препарата, основанного на биспецифических антителах. **(3 балла)**

Всего – 8 баллов



Биология для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 10. Антитела природные и искусственные

1. Клетками приобретенного иммунитета являются лимфоциты – В и Т-клетки.
2. Антитела производятся В-лимфоцитами. Природные антитела имеют Y-образную форму и состоят из консервативного и вариабельных участков, Fc и Fab. Консервативный домен и большая часть вариабельных участков имеют одинаковое строение для всех антител, синтезированных в организме. Небольшая часть вариабельного домена имеет уникальную структуру и отвечает за высокоспецифическое взаимодействие с антигеном. Функция консервативного домена состоит в привлечении к антителу NK-клеток (естественных киллеров), макрофагов и Т-клеток, обеспечивая антитело-опосредованное элиминирование клеток, на поверхности которых связались антитела (это могут быть раковые клетки или клетки, пораженные вирусами или бактериями). Антитела могут также связываться со свободными чужеродными белковыми молекулами (например, токсинами, образовавшимися при бактериальной инфекции) и ускорять их выведение из межклеточной среды.
3. Специфичность антител определяется вариабельным участком. У биспецифических антител есть два разных вариабельных участка, что позволяет антителу взаимодействовать с двумя различными антигенами. При этом искусственные биспецифические антитела могут иметь консервативный Fc домен и два разных Fab домена или могут состоять только из вариабельных доменов с гибкой сшивкой.

Возможное строение лекарственного противоракового препарата: Fc домен и два Fab участка. Консервативный домен привлекает и связывает NK-клетки или макрофаги, первый вариабельный участок отвечает за связывание со специфическим антигеном на поверхности раковой клетки, а второй Fab участок связывает антиген на поверхности Т-клетки. Таким образом, достигается одновременное привлечение к раковой клетке двух типов иммунных клеток, что улучшает "исход" борьбы иммунитета с раковыми клетками. Ещё возможный вариант – создание комплексного лекарственного препарата для лечения нейрональных патологий. Первый Fab домен отвечает за взаимодействие со специфическим рецептором на поверхности клеток гематоэнцефалического барьера и проникновение в ткани мозга (например, с трансферриновым рецептором), а второй Fab домен отвечает за связывание с мишенью на поверхности нейронов или глиальных клеток.