



**Олимпиада школьников «Ломоносов» по высоким технологиям
2024/25 учебный год. Отборочный этап. 11 класс
Решения задач. Критерии оценивания**

Задача по химии. Умный оксид (5 баллов)

Вариант 1



Умные стекла способны затемняться или наоборот становиться прозрачными при подаче электрического тока или при изменении температуры. В последнем случае речь идет о свойстве стекла, называемом термохромизмом. Умные стекла представляют собой материалы, состоящие из нескольких слоев, один из которых – это пленка термохромного вещества. В качестве одного из них используется оксид химического элемента, в формульной единице которого содержится 39 протонов.

Запишите химическую формулу этого оксида (подтвердите расчётом) и приведите уравнение реакции его получения.

Всего – 5 баллов: формула – 3 балла (без обоснования – 0 баллов), уравнение – 2 балла.

Решение варианта 1

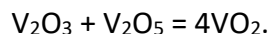
Общая формула оксидов – $\text{Э}_2\text{O}_n$ для нечётного n и $\text{ЭO}_{n/2}$ – для чётного. Первый вариант не подходит, так как в атоме кислорода – 8 электронов, следовательно, общее число протонов в формульной единице $\text{Э}_2\text{O}_n$ – чётное. Проверяем чётное n :

$$n = 2, \text{ЭO}, \text{ число протонов в атоме Э} = 39 - 8 = 31.$$

31-й элемент – галлий, не подходит по валентности в оксиде и к тому же не является переходным металлом.

$$n = 4, \text{ЭO}_2, \text{ число протонов в атоме Э} = 39 - 16 = 23.$$

23-й элемент – ванадий, по валентности подходит, оксид – VO_2 . Способ получения – нагревание смеси оксидов ванадия(III) и ванадия(V):



Ответ. VO_2

Вариант 2

Электрохромные материалы – "умные", они способны изменять свои оптические свойства под действием внешнего напряжения. Одним из веществ, используемых в таких материалах, является оксид переходного металла. В формульной единице оксида содержится 98 протонов.

Запишите химическую формулу этого оксида (подтвердите расчётом) и приведите уравнение реакции его получения.

Всего – 5 баллов: формула – 3 балла (без обоснования – 0 баллов), уравнение – 2 балла.

Решение варианта 2

Общая формула оксидов – E_2O_n для нечётного n и $\text{EO}_{n/2}$ – для чётного. Подбором находим решение, удовлетворяющее всем условиям – оксид вольфрама(VI) WO_3 .

Число протонов в формульной единице: $74 + 3 \cdot 8 = 98$.

Самый простой способ получения WO_3 – разложение вольфрамовой кислоты:



Ответ. WO_3

Вариант 3

Электрохромные материалы – "умные", они способны изменять свои оптические свойства под действием внешнего напряжения. Одним из веществ, используемых в таких материалах, является высший оксид переходного металла. В формульной единице оксида содержится 86 протонов.

Запишите химическую формулу этого оксида (подтвердите расчётом) и приведите уравнение реакции его получения.

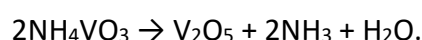
Всего – 5 баллов: формула – 3 балла (без обоснования – 0 баллов), уравнение – 2 балла.

Решение варианта 3

Общая формула оксидов – $\text{Э}_2\text{O}_n$ для нечётного n и $\text{ЭO}_{n/2}$ – для чётного. Подбором находим решение, удовлетворяющее всем условиям – оксид ванадия(V): V_2O_5 .

Число протонов в формульной единице: $2 \cdot 23 + 5 \cdot 8 = 86$.

Самый простой способ получения V_2O_5 – разложение метаванадата аммония на воздухе:



Ответ. V_2O_5

Вариант 4



Электрохромные материалы – "умные", они способны изменять свои оптические свойства под действием внешнего напряжения. Одним из веществ, используемых в таких материалах, является высший оксид переходного металла. В формульной единице оксида содержится 122 протона.

Запишите химическую формулу этого оксида (подтвердите расчётом) и приведите уравнение реакции его получения.

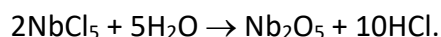
Всего – 5 баллов: формула – 3 балла (без обоснования – 0 баллов), уравнение – 2 балла.

Решение варианта 4

Общая формула оксидов – $\text{Э}_2\text{O}_n$ для нечётного n и $\text{ЭO}_{n/2}$ – для чётного. Подбором находим решение, удовлетворяющее всем условиям – оксид ниобия(V): Nb_2O_5 .

Число протонов в формульной единице: $2 \cdot 41 + 5 \cdot 8 = 122$.

Самый простой способ получения Nb_2O_5 – гидролиз хлорида ниобия(V):



Ответ. Nb_2O_5

Задача по химии. Горячее питание (8 баллов)

Вариант 1

В Китае часто нужно быстро разогреть пищу, для этого используют специальные пакеты типа тех, которые показаны на рисунках:



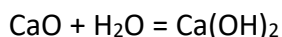
1. Предположите, как можно использовать пакет для разогрева пищи. (2 балла)
2. Напишите все возможные химические реакции, которые при этом протекают. (5 баллов)
3. Зачем вместе с этим пакетом обычно кладут пакет с обычной водой? (1 балл)

Всего – 8 баллов

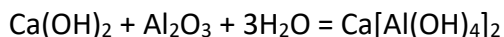
Решение варианта 1

На пакете написано, что разогревающая смесь содержит порошок металлического алюминия, оксид кальция (“негашеную известь”) и бикарбонат натрия (пищевую соду).

1. Для того, чтобы разогреть пищу, нужно, чтобы произошло максимальное количество экзотермических реакций со всеми компонентами пакета (с выделением тепла), при этом желательно, чтобы добавляемый реагент был дешевым и в свободном доступе, а также чтобы он не был бы токсичным. Идеально подходит под это описание вода. Таким образом, чтобы процесс разогрева пищи начался, пакет без внешней полимерной оболочки (внутренняя оболочка представляет собой проницаемую ткань) был просто брошен в воду. Можно, конечно, высыпать содержимое в воду, но лучше поместить в воду внутренний водопроницаемый пакет.
2. С водой легче всего (и сразу же) начинает реагировать оксид кальция, происходит его гидратация:

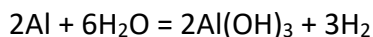


Раствор гидроксида кальция в воде является щелочью и легко снимает оксидную пленку с порошка алюминия, которая всегда присутствует на поверхности алюминия:



(условная формула, состав реальных продуктов гораздо сложнее).

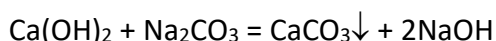
После этого алюминий легко реагирует с водой (реально – с раствором щелочи Ca(OH)_2)



При разогреве смеси выше примерно 60 °C (на практике смесь разогревается выше температуры кипения воды!) начинает разлагаться бикарбонат натрия:



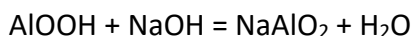
При этом формирование карбонат-иона может вызвать осаждение малорастворимого карбоната кальция:



При нагревании (особенно в присутствии щелочи) аморфный гидроксид алюминия частично кристаллизуется и частично дегидратируется («стареет») с образованием различных аморфных, а затем и кристаллических форм AlOOH (скорее всего, полной потери воды при этих температурах не произойдет):



В качестве побочного возможно взаимодействие щелочи с гидратированным оксидом алюминия, например, такое:



3. Прилагающийся пакет воды может быть использован для регидратации сублимированных лапши или отварного риса при нагревании химической грелкой снизу и выдерживании, или же его можно использовать для работы «химической грелки».

Вариант 2

В Китае часто нужно быстро разогреть пищу, для этого используют специальные пакеты типа тех, которые показаны на рисунках:



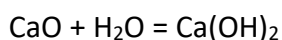
1. Предположите, как можно использовать пакет для разогрева пищи. (2 балла)
2. Напишите все возможные химические реакции, которые при этом протекают. (5 баллов)
3. Какие из реакций являются сильно экзотермическими? (1 балл)

Всего – 8 баллов

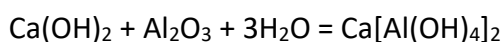
Решение варианта 2

На пакете написано, что разогревающая смесь содержит порошок металлического алюминия, оксид кальция (“негашеную известь”) и бикарбонат натрия (пищевую соду).

1. Для того, чтобы разогреть пищу, нужно, чтобы произошло максимальное количество экзотермических реакций со всеми компонентами пакета (с выделением тепла), при этом желательно, чтобы добавляемый реагент был дешевым и в свободном доступе, а также чтобы он не был бы токсичным. Идеально подходит под это описание вода. Таким образом, чтобы процесс разогрева пищи начался, пакет без внешней полимерной оболочки (внутренняя оболочка представляет собой проницаемую ткань) был просто брошен в воду. Можно, конечно, высыпать содержимое в воду, но лучше поместить в воду внутренний водонепроницаемый пакет.
2. С водой легче всего (и сразу же) начинает реагировать оксид кальция, происходит его гидратация:



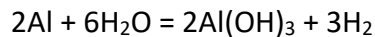
Раствор гидроксида кальция в воде является щелочью и легко снимает оксидную пленку с порошка алюминия, которая всегда присутствует на поверхности алюминия:



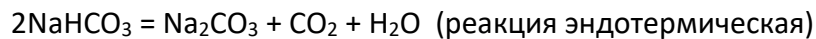


(условная формула, состав реальных продуктов гораздо сложнее).

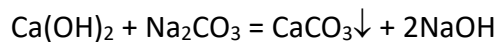
После этого алюминий легко реагирует с водой (реально – с раствором щелочи Ca(OH)_2)



При разогреве смеси выше примерно 60 °C (на практике смесь разогревается выше температуры кипения воды!) начинает разлагаться бикарбонат натрия:



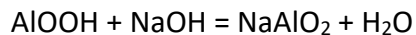
При этом формирование карбонат-иона может вызвать осаждение малорастворимого карбоната кальция:



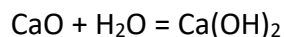
При нагревании (особенно в присутствии щелочи) аморфный гидроксид алюминия частично кристаллизуется и частично дегидратируется («стареет») с образованием различных аморфных, а затем и кристаллических форм AlOOH (скорее всего, полной потери воды при этих температурах не произойдет):



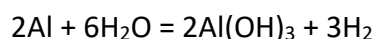
В качестве побочного возможно взаимодействие щелочи с гидратированным оксидом алюминия, например, такое:



3. Из всех возможных реакций самых экзотермических только две: гидратация оксида кальция



и реакция алюминия с водой



Обе эти реакции по отдельности (а тем более совместно) могут довести воду до кипения.

Вариант 3

В Китае часто нужно быстро разогреть пищу, для этого используют специальные пакеты типа тех, которые показаны на рисунках:



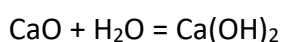
1. Предположите, как можно использовать пакет для разогрева пищи. (2 балла)
2. Напишите все возможные химические реакции, которые при этом протекают. (5 баллов)
3. Почему содержимое пакета запрещено сыпать в горячую воду? (1 балл)

Всего – 8 баллов

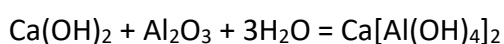
Решение варианта 3

На пакете написано, что разогревающая смесь содержит порошок металлического алюминия, оксид кальция (“негашеную известь”) и бикарбонат натрия (пищевую соду).

1. Для того, чтобы разогреть пищу, нужно, чтобы произошло максимальное количество экзотермических реакций со всеми компонентами пакета (с выделением тепла), при этом желательно, чтобы добавляемый реагент был дешевым и в свободном доступе, а также чтобы он не был бы токсичным. Идеально подходит под это описание вода. Таким образом, чтобы процесс разогрева пищи начался, пакет без внешней полимерной оболочки (внутренняя оболочка представляет собой проницаемую ткань) был просто брошен в воду. Можно, конечно, высыпать содержимое в воду, но лучше поместить в воду внутренний водонепроницаемый пакет.
2. С водой легче всего (и сразу же) начинает реагировать оксид кальция, происходит его гидратация:



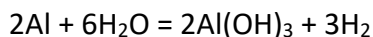
Раствор гидроксида кальция в воде является щелочью и легко снимает оксидную пленку с порошка алюминия, которая всегда присутствует на поверхности алюминия:



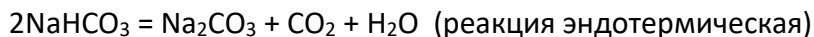


(условная формула, состав реальных продуктов гораздо сложнее).

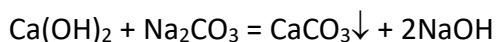
После этого алюминий легко реагирует с водой (реально – с раствором щелочи $\text{Ca}(\text{OH})_2$)



При разогреве смеси выше примерно 60 °C (на практике смесь разогревается выше температуры кипения воды!) начинает разлагаться бикарбонат натрия:



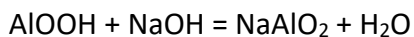
При этом формирование карбонат-иона может вызвать осаждение малорастворимого карбоната кальция:



При нагревании (особенно в присутствии щелочи) аморфный гидроксид алюминия частично кристаллизуется и частично дегидратируется («стареет») с образованием различных аморфных, а затем и кристаллических форм AlOOH (скорее всего, полной потери воды при этих температурах не произойдет):



В качестве побочного возможно взаимодействие щелочи с гидратированным оксидом алюминия, например, такое:



3. При взаимодействии с горячей водой реакции происходят слишком бурно, с образованием большого количества водяного пара, особенно сильно ускоряется реакция взаимодействия алюминия с водой (раствором щелочи). Кроме того, бикарбонат натрия начинает сразу разлагаться до карбоната, гидроксид кальция в меньшей степени нейтрализуется до карбоната кальция, поэтому конечный раствор, получающийся при нагревании воды “химической грелкой”, приобретет сильно щелочной характер и может быть опасен для рук и глаз голодного человека (при парообразовании и при сливании конечного раствора из посуды).

Вариант 4

В Китае часто нужно быстро разогреть пищу, для этого используют специальные пакеты типа тех, которые показаны на рисунках:



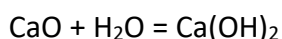
1. Предположите, как можно использовать пакет для разогрева пищи. (2 балла)
2. Напишите все возможные химические реакции, которые при этом протекают. (5 баллов)
3. Предположите, почему при использовании этого пакета обычно срабатывают потолочные пожарные датчики? (1 балл)

Всего – 8 баллов

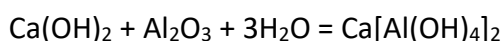
Решение варианта 4

На пакете написано, что разогревающая смесь содержит порошок металлического алюминия, оксид кальция (“негашеную известь”) и бикарбонат натрия (пищевую соду).

1. Для того, чтобы разогреть пищу, нужно, чтобы произошло максимальное количество экзотермических реакций со всеми компонентами пакета (с выделением тепла), при этом желательно, чтобы добавляемый реагент был дешевым и в свободном доступе, а также чтобы он не был бы токсичным. Идеально подходит под это описание вода. Таким образом, чтобы процесс разогрева пищи начался, пакет без внешней полимерной оболочки (внутренняя оболочка представляет собой проницаемую ткань) был просто брошен в воду. Можно, конечно, высыпать содержимое в воду, но лучше поместить в воду внутренний водопроницаемый пакет.
2. С водой легче всего (и сразу же) начинает реагировать оксид кальция, происходит его гидратация:



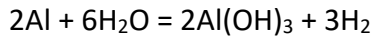
Раствор гидроксида кальция в воде является щелочью и легко снимает оксидную пленку с порошка алюминия, которая всегда присутствует на поверхности алюминия:



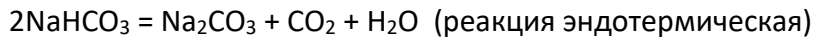


(условная формула, состав реальных продуктов гораздо сложнее).

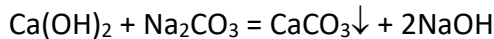
После этого алюминий легко реагирует с водой (реально – с раствором щелочи $\text{Ca}(\text{OH})_2$)



При разогреве смеси выше примерно 60 °C (на практике смесь разогревается выше температуры кипения воды!) начинает разлагаться бикарбонат натрия:



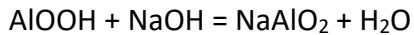
При этом формирование карбонат-иона может вызвать осаждение малорастворимого карбоната кальция:



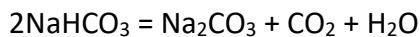
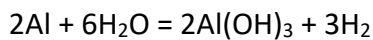
При нагревании (особенно в присутствии щелочи) аморфный гидроксид алюминия частично кристаллизуется и частично дегидратируется («стареет») с образованием различных аморфных, а затем и кристаллических форм AlOOH (скорее всего, полной потери воды при этих температурах не произойдет):



В качестве побочного возможно взаимодействие щелочи с гидратированным оксидом алюминия, например, такое:



3. Пожарные датчики бывают различных типов, обычно они реагируют на продукты горения (CO_2), изменение прозрачности воздуха из-за наличия взвешенных частиц, то есть дыма (иногда реагируют даже на сконденсировавшиеся в воздухе пары воды из носика кипящего чайника). В помещениях с газовыми плитами ставят специальные высокочувствительные датчики (обычно термokatалитические или полупроводникового типа), которые реагируют на утечку топлива (горючего газа типа метана CH_4) и также легко могут реагировать на небольшие примеси в воздухе легкого, поднимающегося к потолку (где находится датчик) водорода (он тоже очень легко горит), то есть причиной срабатывания датчика могут быть следующие реакции:



Задача по химии (12 баллов)**Вариант 1. Нанодетектор**

Вещество С в нанокристаллической форме можно использовать в качестве детектора ультрафиолетового излучения. Оно состоит из трёх элементов, причём массовая доля элемента с наименьшей атомной массой в С составляет 25.5%. Вещество С можно получить твердофазным спеканием бинарных веществ А и В. При добавлении 0.400 г вещества А к раствору нитрата серебра образуется 0.353 г светло-жёлтого осадка вещества D, которое использовалось в прошлом столетии в качестве фоточувствительного материала (*реакция 1*). Вещество В получают при пропускании газа F через раствор, содержащий медный купорос и вещество Е, являющееся аналогом хлорида натрия (*реакция 2*). При пропускании 840 мл (н.у.) газа F через известковую воду образуется 4.50 г осадка вещества G (*реакция 3*). Вещество В окисляется горячей концентрированной серной кислотой, при этом выделяются бурые пары простого вещества Н (*реакция 4*).

Определите вещества А-Н. Напишите уравнения реакций 1-4.

(В расчётах используйте целочисленные атомные массы).

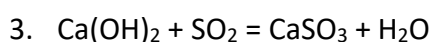
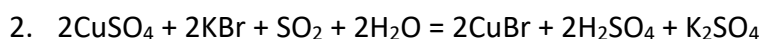
8 веществ и 4 реакции по 1 баллу – всего 12 баллов.

Решение варианта 1

А – CsBr, В – CuBr, С – CsCu₂Br₃ ($\omega(\text{Cu}) = 2 \cdot 64 / 501 = 0.255$),

D – AgBr, Е – KBr, F – SO₂, G – CaSO₃, Н – Br₂.

Уравнения реакций:



Вариант 2. Наноизлучатель

Вещество С, которое возможно использовать в качестве люминесцентного материала, состоит из трёх элементов. Массовая доля элемента с наименьшей атомной массой в С составляет 13.8%. Одним из способов получения данного вещества является твердофазное спекание бинарных веществ А и В. При добавлении 0.400 г вещества А к раствору нитрата серебра образуется 0.353 г светло-жёлтого осадка вещества D, которое использовалось в прошлом столетии в качестве фоточувствительного материала (*реакция 1*). Вещество В получают при пропускании газа F через раствор, содержащий медный купорос и вещество Е, являющееся аналогом хлорида натрия (*реакция 2*). При пропускании 840 мл (н.у.) газа F через известковую воду образуется 4.50 г осадка вещества G (*реакция 3*). Вещество В окисляется горячей концентрированной серной кислотой, при этом выделяются бурые пары простого вещества Н (*реакция 4*).

Определите вещества А-Н. Напишите уравнения реакций 1-4.

(В расчётах используйте целочисленные атомные массы).

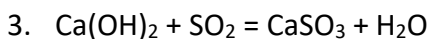
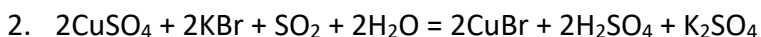
8 веществ и 4 реакции по 1 баллу – всего 12 баллов.

Решение варианта 2

А – CsBr, В – CuBr, С – Cs₃Cu₂Br₅ ($\omega(\text{Cu}) = 2 \cdot 64 / 927 = 0.138$),

D – AgBr, Е – KBr, F – SO₂, G – CaSO₃, Н – Br₂.

Уравнения реакций:



Вариант 3. Нанодетектор

Вещество С в нанокристаллической форме можно использовать в качестве детектора ультрафиолетового излучения. Оно состоит из трёх элементов, причём массовая доля элемента с наименьшей атомной массой в С составляет 19.9%. Вещество С можно получить твердофазным спеканием бинарных веществ А и В. При добавлении 0.300 г вещества А к раствору нитрата серебра образуется 0.271 г желтого осадка вещества D, которое применяют для разгона облаков (*реакция 1*). Вещество В получают при пропускании газа F через раствор, содержащий медный купорос и вещество Е, которое используют в качестве добавки к поваренной соли (*реакция 2*). При пропускании 840 мл (н.у.) газа F через известковую воду образуется 4.50 г осадка вещества G (*реакция 3*). Вещество В окисляется горячей концентрированной серной кислотой, при этом выделяются фиолетовые пары простого вещества H (*реакция 4*).

Определите вещества А-Н. Напишите уравнения реакций 1-4.

(В расчётах используйте целочисленные атомные массы).

8 веществ и 4 реакции по 1 баллу – всего 12 баллов.

Решение варианта 3

A – CsI, B – CuI, C – CsCu₂I₃ ($\omega(\text{Cu}) = 2 \cdot 64 / 642 = 0.199$),

D – AgI, E – KI, F – SO₂, G – CaSO₃, H – I₂.

Уравнения реакций:

1. $\text{CsI} + 2\text{CuI} = \text{CsCu}_2\text{I}_3$
2. $2\text{CuSO}_4 + 2\text{KI} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CuI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
3. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
4. $2\text{CuI} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + \text{I}_2 + 2\text{SO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

Вариант 4. Нанодиод

Вещество С в нанокристаллической форме можно использовать в качестве материала для светодиодов. Оно состоит из трёх элементов, причём массовая доля элемента с наименьшей атомной массой в С составляет 11.0%. Вещество С можно получить твердофазным спеканием бинарных веществ А и В. При добавлении 0.300 г вещества А к раствору нитрата серебра образуется 0.271 г желтого осадка вещества D, которое применяют для разгона облаков (*реакция 1*). Вещество В получают при пропускании газа F через раствор, содержащий медный купорос и вещество Е, которое используют в качестве добавки к поваренной соли (*реакция 2*). При пропускании 840 мл (н.у.) газа F через известковую воду образуется 4.50 г осадка вещества G (*реакция 3*). Вещество В окисляется горячей концентрированной серной кислотой, при этом выделяются фиолетовые пары простого вещества Н (*реакция 4*).

Определите вещества А-Н. Напишите уравнения реакций 1-4.

(В расчётах используйте целочисленные атомные массы).

8 веществ и 4 реакции по 1 баллу – всего 12 баллов.

Решение варианта 4

А – CsI, В – CuI, С – Cs₃Cu₂I₅ ($\omega(\text{Cu}) = 2 \cdot 64 / 1162 = 0.110$),

D – AgI, Е – KI, F – SO₂, G – CaSO₃, Н – I₂.

Уравнения реакций:

1. $3\text{CsI} + 2\text{CuI} = \text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$
2. $2\text{CuSO}_4 + 2\text{KI} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CuI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
3. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
4. $2\text{CuI} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + \text{I}_2 + 2\text{SO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

Задача по физике. Рентгеновское обследование (5 баллов)**Вариант 1**

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергался облучению в течение $\tau = 8$ с во время одного обследования. Мощность поглощенного излучения составляла $P = 50$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду). Найдите дозу облучения D . Ответ выразите в зивертах. (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 0.21$ Å? Масса пациента $m = 74$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

Решение варианта 1

1. Полученная доза $D = P \tau \approx 0.4$ мЗв.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 2,5$. Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 2 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 3 \cdot 10^{12}$.

Вариант 2

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергался облучению мощностью $P = 40$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду) и получил дозу $D = 0.3$ мЗв. Найдите время облучения τ . (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 1.20$ Å? Масса пациента $m = 74$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

Решение варианта 2

1. Время облучения $\tau = \frac{D}{P} = 7,5$ с.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 3$, (3). Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 3 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 1,3 \cdot 10^{13}$.

Вариант 3

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергнулся облучению в течение $\tau = 10$ с во время одного обследования. Мощность поглощенного излучения составляла $P = 30$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду). Найдите дозу облучения D . Ответ выразите в зивертах. (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 0.21$ Å? Масса пациента $m = 63$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

Решение варианта 3

1. Полученная доза $D = P \tau \approx 0.3$ мЗв.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 3, (3)$. Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 3 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 2 \cdot 10^{12}$.

Вариант 4

Поглощенная доза облучения — это количество энергии ионизирующего излучения, отнесенное к единице массы организма. В разных странах существуют нормативы, устанавливающие допустимые уровни облучения для работников, находящихся вблизи источников радиации, и для населения в целом.

1. Пациент подвергался облучению в течение $\tau = 8$ с во время одного обследования. Мощность поглощенного излучения составляла $P = 50$ мкЗв/с (микрозиверт в секунду). Найдите дозу облучения D . Ответ выразите в зивертах. (1 балл)
2. Сколько таких обследований k пациент может проходить ежегодно, не превышая среднегодовую допустимую дозу облучения для человека, которая составляет $D_M = 1$ мЗв? (1 балл)
3. Какое количество квантов N рентгеновского излучения поглотилось тканями пациента во время одного обследования, если источником было излучение с длиной волны $\lambda = 0.52$ Å? Масса пациента $m = 77$ кг. (3 балла)

Всего – 5 баллов

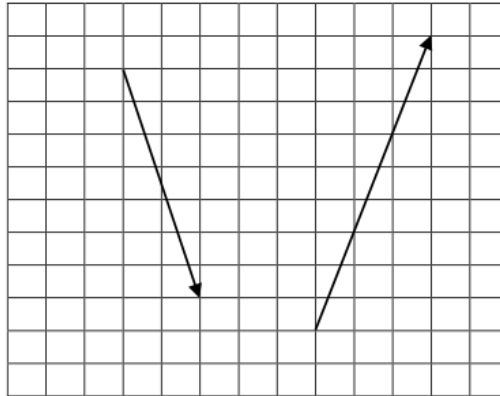
Решение варианта 4

1. Полученная доза $D = P \tau \approx 4 \cdot 10^{-4}$ Зв.
2. Число обследований $k = \frac{D_M}{D} = 2,5$. Округляя в меньшую сторону, получаем, что только 2 таких обследования может пройти пациент, не превышая среднегодовую допустимую дозу.
3. Полная энергия с одной стороны $E = D m$, а с другой стороны $E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}$

Таким образом, $N = \frac{D m \lambda}{hc} \approx 8 \cdot 10^{12}$.

Задача по физике. Недостаящая линза (10 баллов)**Вариант 1**

В микроскопе рассматривается предмет, а его изображение формируется на матрице из светочувствительных элементов. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.



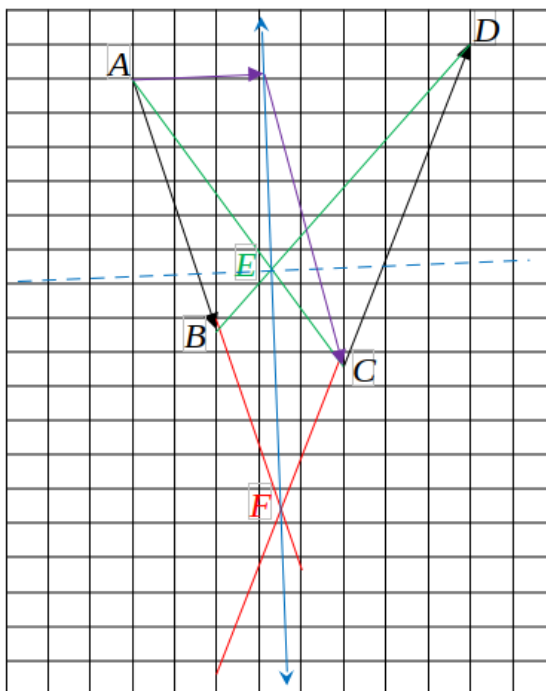
1. Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)
2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 20$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 2 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 1

1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е.

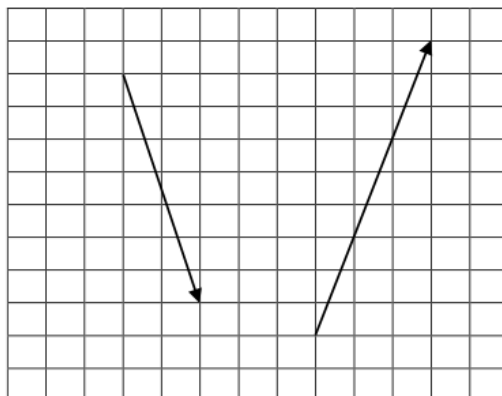
через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



- Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 21 \pm 2$ мм.

Вариант 2

В оптическом микроскопе рассматривается предмет. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.



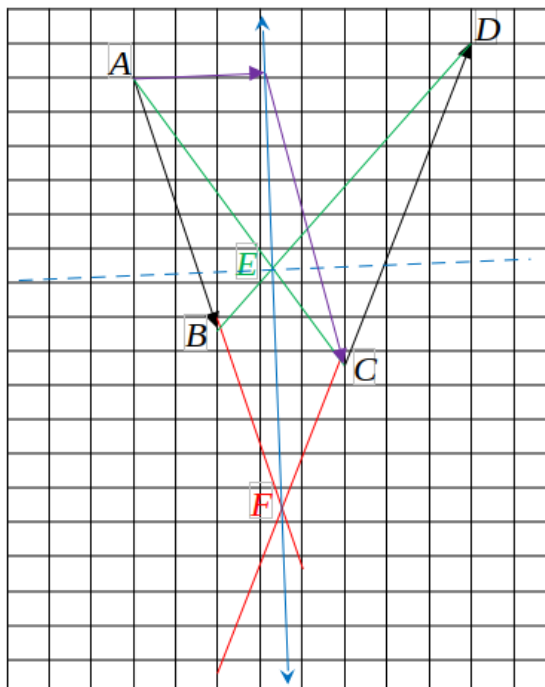
- Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)

2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 30$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 3 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 2

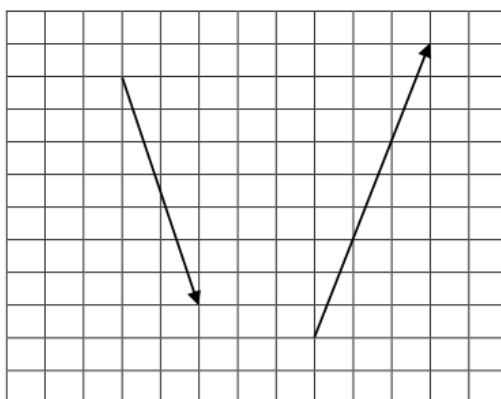
1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е. через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



2. Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 32 \pm 3$ мм.

Вариант 3

В микроскопе рассматривается предмет, а его изображение формируется на матрице из светочувствительных элементов. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.



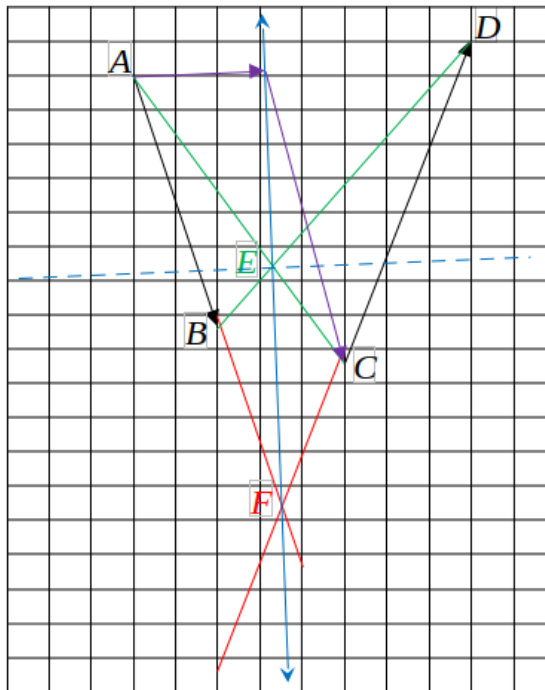
1. Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)
2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 50$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 5 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 3

1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а

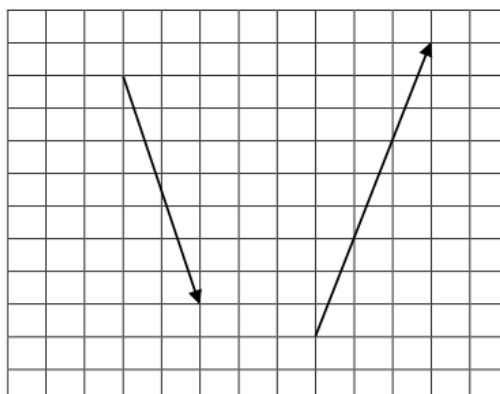
второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е. через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



2. Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 53 \pm 5$ мм.

Вариант 4

В оптическом микроскопе рассматривается предмет. На рисунке представлены предмет (слева) и его изображение (справа), создаваемое собирающей линзой.

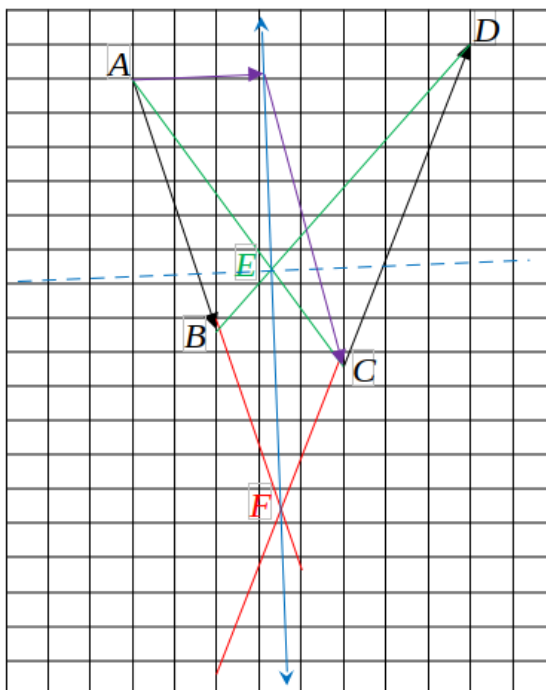


1. Путем построения определить плоскость, в которой располагается линза. Решение пояснить соответствующими законами геометрической оптики. (6 баллов)
2. Оценить фокусное расстояние линзы F , если сторона клетки равна $a = 70$ мм (ответ округлить до целого, допускается погрешность ± 7 мм). (4 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 4

1. Из общих правил построения изображений в линзах следует, что собирающая линза может давать действительное перевернутое изображение предмета, и при этом она сама будет находиться между предметом и его изображением (в отличие от случая рассеивающей линзы). Для определения плоскости, в которой располагается недостающая линза, достаточно найти две принадлежащие ей точки. Вначале найдем оптический центр линзы, используя следующий закон геометрической оптики: лучи, идущие через оптический центр линзы, не испытывают преломления. Для этого соединим соответствующие точки объекта и его изображения - начала и концы векторов. Точка пересечения E этих двух отрезков и будет оптическим центром линзы – только проходя через нее лучи останутся прямыми. Для нахождения второго ориентира для построения плоскости линзы проведем луч AB , соединяющий конец и начало предмета, и продлим его за пределы предмета в область предполагаемого нахождения линзы или ее продолжения (правила построения изображений позволяют продлевать плоскость линзы и считать ее неограниченно протяженной, если это требуется для построения хода лучей). Фактически, луч AB можно рассматривать как два совпадающих луча, один из которых исходит из точки A , а второй – из точки B , и оба они будут преломляться в линзе одинаково в силу совпадения в пространстве. После преломления в линзе каждый из этих двух лучей должен пройти через соответствующие изображения (начало и конец предмета), т.е. через точки C и D . Единственный возможный вариант хода двух совпадающих преломленных лучей в этом случае – это прямая, соединяющая точки C и D . Точка пересечения F продолжения лучей AB и CD указывает таким образом на плоскость линзы.



2. Для ответа на второй вопрос достаточно построить главную оптическую ось линзы и провести любой луч, идущий параллельно ей: после преломления он пройдет через фокус. Из чертежа оценка фокусного расстояния F : $F \approx 1.06 a \approx 74 \pm 7$ мм.

Задача по физике. Механизм с пружиной (10 баллов)

Вариант 1



Пружины — неотъемлемая часть большинства механических устройств. На вертикально расположенной пружине висит груз массы $m = 1$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 1$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 2$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 10$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)

3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 1

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 5 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 0,32 \text{ Н/м}$.

3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} y(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\ v_y(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = -\frac{mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\begin{aligned} -\frac{mg}{k} &= A \cos(\varphi) \\ v_1 &= -A\omega \sin(\varphi) \end{aligned}$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,4 \text{ м}$$

Вариант 2



Возвратный механизм работает с использованием пружин. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания груза, висящего вертикально на этой пружине. Масса груза $m = 1$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 1$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 2$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 10$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)
3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 2

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 5 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 0,32 \text{ Н/м}$.

3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} y(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\ v_y(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = \frac{-mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\begin{aligned} \frac{-mg}{k} &= A \cos(\varphi) \\ v_1 &= -A\omega \sin(\varphi) \end{aligned}$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,4 \text{ м}$$

Вариант 3

Пружины — неотъемлемая часть большинства механических устройств. На вертикально расположенной пружине висит груз массы $m = 2$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 2$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 4$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 8$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)
3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 3

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 4 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 2,53 \text{ Н/м}$.
3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} y(t) &= A \cos(\omega t + \varphi) \\ v_y(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = \frac{-mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\frac{-mg}{k} = A \cos(\varphi)$$

$$v_1 = -A\omega \sin(\varphi)$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,16 \text{ м}$$

Вариант 4



Возвратный механизм работает с использованием пружин. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания груза, висящего вертикально на этой пружине. Масса груза $m = 2$ г. Деформация в этом случае невелика. Чтобы поточнее определить жесткость пружины k было предложено возбудить колебания. Для этого сверху бросают второй такой же груз $m = 2$ г, который прилипает к первому. После этого пружина с грузами начинает колебаться. Этот процесс продолжается долго, пока грузы не займут равновесное положение. Частота колебаний $\nu = 4$ Гц.

1. Чему равна начальная скорость грузов V_1 , если скорость подлетающего груза непосредственно перед соприкосновением равна $V_0 = 8$ м/с? (2 балла)
2. Чему равна жесткость пружины k ? (3 балла)
3. Найти максимальную амплитуду колебаний A . (5 баллов)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 4

1. При подлете груза по закону сохранения импульса: $mV_0 = 2mV_1$, откуда

$$V_1 = \frac{V_0}{2} = 4 \text{ м/с}$$

2. Частота колебаний определяется жесткостью и полной массой: $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$.
Следовательно: $k = 2m(2\pi\nu)^2 = 2,53 \text{ Н/м}$.

3. После слипания грузы будут колебаться относительно нового положения равновесия, которое ниже исходного на: $\Delta y = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$. Если расположить начало отсчета по оси y в новом положении равновесия, то законы изменения координаты и скорости запишутся следующим образом:

$$y(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$
$$v_y(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$$

В начальный момент времени $v_y(0) = v_1$, а $y(0) = -\Delta y = \frac{-mg}{k}$.

Подстановка дает:

$$\frac{-mg}{k} = A \cos(\varphi)$$
$$v_1 = -A\omega \sin(\varphi)$$

Возводя в квадрат, и используя основное тригонометрическое тождество, получим:

$$A = \sqrt{\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} \approx 0,16 \text{ м}$$

Задача по математике. Цеолитный пучок (6 баллов)

Вариант 1



Одна из разновидностей цеолитов – эрионит – представляет собой совокупность очень тонких и длинных волокон, собранных в плотные пучки.

Оцените средний диаметр пор в таком пучке, если на один грамм материала приходится площадь пор, равная $S = 20 \text{ м}^2$, и объем пор, равный $V = 0,15 \text{ мл}$.

Всего – 6 баллов

Решение варианта 1

Для оценки будем считать, что все поры имеют форму цилиндра. На один грамм эрионита приходится площадь, равная боковой поверхности цилиндрических пор совокупной длиной L :

$$S = \pi dL,$$

а также объем

$$V = \pi d^2 L / 4.$$

Их отношение равно

$$V/S = (\pi d^2 L / 4) / (\pi d L) = d/4.$$

Тогда

$$d = 4V/S$$

$$d = 4 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / 20 \text{ м}^2 = 30 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 30 \text{ нм}.$$

Вариант 2



Одна из разновидностей цеолитов – эрионит – представляет собой совокупность очень тонких и длинных волокон, собранных в плотные пучки.

Оцените средний диаметр пор в таком пучке, если на один грамм материала приходится площадь пор, равная $S = 25 \text{ м}^2$, и объем пор, равный $V = 0,20 \text{ мл}$.

Всего – 6 баллов

Решение варианта 2

Для оценки будем считать, что все поры имеют форму цилиндра. На один грамм эрионита приходится площадь, равная боковой поверхности цилиндрических пор совокупной длиной L :

$$S = \pi dL,$$

а также объем

$$V = \pi d^2 L / 4.$$

Их отношение равно

$$V/S = (\pi d^2 L / 4) / (\pi d L) = d/4.$$

Тогда

$$d = 4V/S$$

$$d = 4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / 25 \text{ м}^2 = 32 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 32 \text{ нм}.$$

Вариант 3



Одна из разновидностей цеолитов – эрионит – представляет собой совокупность очень тонких и длинных волокон, собранных в плотные пучки. Оцените средний диаметр пор в таком пучке, если на один грамм материала приходится площадь пор, равная $S = 20 \text{ м}^2$, и объем пор, равный $V = 0,20 \text{ мл}$.

Всего – 6 баллов

Решение варианта 3

Для оценки будем считать, что все поры имеют форму цилиндра. На один грамм эрионита приходится площадь, равная боковой поверхности цилиндрических пор совокупной длиной L :

$$S = \pi d L,$$

а также объем

$$V = \pi d^2 L / 4.$$

Их отношение равно

$$V/S = (\pi d^2 L / 4) / (\pi d L) = d/4.$$

Тогда

$$d = 4V/S$$

$$d = 4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / 20 \text{ м}^2 = 40 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 40 \text{ нм}.$$

Вариант 4



Одна из разновидностей цеолитов – эрионит – представляет собой совокупность очень тонких и длинных волокон, собранных в плотные пучки. Оцените средний диаметр пор в таком пучке, если на один грамм материала приходится площадь пор, равная $S = 25 \text{ м}^2$, и объем пор, равный $V = 0,15 \text{ мл}$.

Всего – 6 баллов

Решение варианта 4

Для оценки будем считать, что все поры имеют форму цилиндра. На один грамм эрионита приходится площадь, равная боковой поверхности цилиндрических пор совокупной длиной L :

$$S = \pi dL,$$

а также объем

$$V = \pi d^2 L / 4.$$

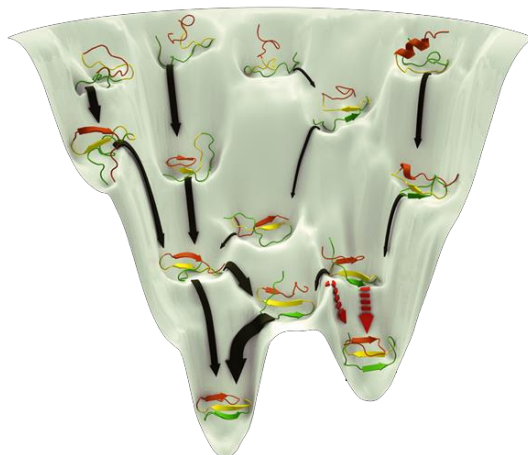
Их отношение равно

$$V/S = (\pi d^2 L / 4) / (\pi d L) = d/4.$$

Тогда

$$d = 4V/S$$

$$d = 4 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / 25 \text{ м}^2 = 24 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 24 \text{ нм}.$$

Задача по математике. Парадокс Левинталя (8 баллов)**Вариант 1**

В 2024 году Нобелевской Премией по химии были отмечены исследования, посвященные предсказанию итоговой формы при сворачивании белковой цепочки.

Одной из теоретических проблем, возникающих при рассмотрении процесса сворачивания белка, является Парадокс Левинталя. Он состоит в том, время, необходимое, чтобы белковая цепочка нашла свою оптимальную структуру путем полного перебора всех возможных вариантов, значительно больше наблюдаемого времени сворачивания белка (миллисекунды или секунды).

1. Белковую молекулу можно представить как цепочку из аминокислотных остатков. Рассчитайте, сколько вариантов структуры существует для белковой молекулы длиной 100, если каждый из ее аминокислотных остатков может независимо принимать 8 пространственных вариантов структуры? (4 балла)
2. Считая, что белок может менять свою пространственную структуру каждые 10^{-13} секунд, рассчитайте, сколько времени займет полный перебор всех возможных конформаций для белка из пункта 1, если цепочка последовательно переберет все возможные варианты своей пространственной структуры? Сравните полученную величину с временем существования Вселенной (13,8 миллиарда лет). (3 балла)
3. Как изменится время перебора всех возможных конформаций белка, при увеличении его длины вдвое? (1 балл)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 1

1. Поскольку вариант структуры каждого из аминокислотных остатков в белковой молекуле длиной $A = 100$ можно выбрать одним из 8 способов ($B = 8$), то общее число вариантов структуры белка P равно числу 8, умноженному самому на себя 100 раз:

$$P = B \cdot B \cdot B \cdot B \cdot \dots \cdot B \cdot B = B^A$$

$$\text{То есть, } P = 8^{100} \approx 2,0 \cdot 10^{90}.$$

2. Суммарное время, T , необходимое для перебора всех возможных вариантов структуры, составляет

$$T = B^A \cdot t$$

$$T = 8^{100} \cdot 10^{-13} \text{ (с)} = 8^{100} \cdot 10^{-13} / (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) \approx 6,5 \cdot 10^{69} \text{ лет}$$

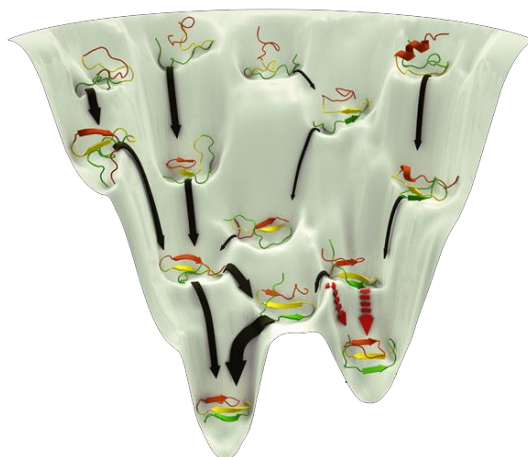
$$\text{(приблизённый расчет } T \approx 2,0 \cdot 10^{90} \cdot 10^{-13} / (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) = 6,3 \cdot 10^{69} \text{ лет)}$$

Что в $6,5 \cdot 10^{69} / 13,8 \cdot 10^9 = 4,7 \cdot 10^{59}$ раз больше, чем возраст Вселенной.

3. При увеличении длины белковой молекулы в два раза, время, необходимое на перебор всех возможных вариантов структуры, T_2 , увеличится в $B^A = 2,0 \cdot 10^{90}$ раз:

$$T_2 = T_1 \cdot B^A = B^{2A} \cdot t$$

Вариант 2



В 2024 году Нобелевской Премией по химии были отмечены исследования, посвященные предсказанию итоговой формы при сворачивании белковой цепочки.

Одной из теоретических проблем, возникающих при рассмотрении процесса сворачивания белка, является Парадокс Левинталя. Он состоит в том, время, необходимое, чтобы белковая цепочка нашла свою оптимальную структуру путем полного перебора всех возможных вариантов, значительно больше наблюдаемого времени сворачивания белка (миллисекунды или секунды).

1. Белковую молекулу можно представить как цепочку из аминокислотных остатков. Рассчитайте, сколько вариантов структуры существует для белковой молекулы длиной 150, если каждый из ее аминокислотных остатков может независимо принимать 10 пространственных вариантов структуры? (4 балла)
2. Считая, что белок может менять свою пространственную структуру каждые 10^{-13} секунд, рассчитайте, сколько времени займет полный перебор всех возможных конформаций для белка из пункта 1, если цепочка последовательно переберет все возможные варианты своей пространственной структуры? Сравните полученную величину с временем существования Вселенной (13,8 миллиарда лет). (3 балла)

3. Как изменится время перебора всех возможных конформаций белка, при увеличении его длины вдвое? (1 балл)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 2

1. Поскольку вариант структуры каждого из аминокислотных остатков в белковой молекуле длиной $A = 150$ можно выбрать одним из 10 способов ($B = 10$), то общее число вариантов структуры белка P равно числу 10, умноженному самому на себя 150 раз:

$$P = B \cdot B \cdot B \cdot \dots \cdot B \cdot B = B^A$$

$$\text{То есть, } P = 10^{150}.$$

2. Суммарное время, T , необходимое для перебора всех возможных вариантов структуры, составляет

$$T = B^A \cdot t$$

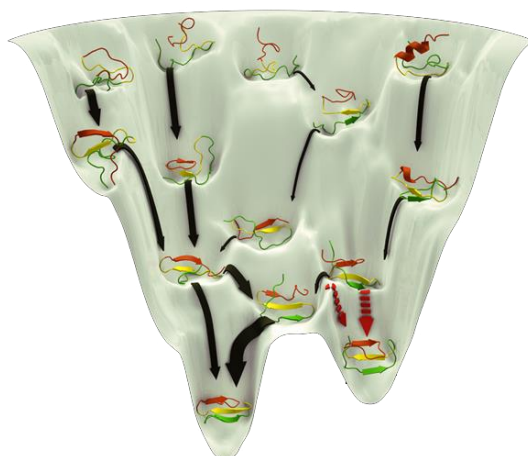
$$T = 10^{150} \cdot 10^{-13} \text{ (с)} = 10^{137} / (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) \approx 3,2 \cdot 10^{129} \text{ лет}$$

Что в $3,2 \cdot 10^{129} / 13,8 \cdot 10^9 = 2,3 \cdot 10^{119}$ раз больше, чем возраст Вселенной.

3. При увеличении длины белковой молекулы в два раза, время, необходимое на перебор всех возможных вариантов структуры, T_2 , увеличится в $B^A = 10^{150}$ раз:

$$T_2 = T_1 \cdot B^A = B^{2A} \cdot t$$

Вариант 3



В 2024 году Нобелевской Премией по химии были отмечены исследования, посвященные предсказанию итоговой формы при сворачивании белковой цепочки.

Одной из теоретических проблем, возникающих при рассмотрении процесса сворачивания белка, является Парадокс Левинталя. Он состоит в том, время, необходимое, чтобы белковая

цепочка нашла свою оптимальную структуру путем полного перебора всех возможных вариантов, значительно больше наблюдаемого времени сворачивания белка (миллисекунды или секунды).

1. Белковую молекулу можно представить как цепочку из аминокислотных остатков. Рассчитайте, сколько вариантов структуры существует для белковой молекулы длиной 150, если каждый из ее аминокислотных остатков может независимо принимать 8 пространственных вариантов структуры? (4 балла)
2. Считая, что белок может менять свою пространственную структуру каждые 10^{-13} секунд, рассчитайте, сколько времени займет полный перебор всех возможных конформаций для белка из пункта 1, если цепочка последовательно переберет все возможные варианты своей пространственной структуры? Сравните полученную величину с временем существования Вселенной (13,8 миллиарда лет). (3 балла)
3. Как изменится время перебора всех возможных конформаций белка, при увеличении его длины вдвое? (1 балл)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 3

1. Поскольку вариант структуры каждого из аминокислотных остатков в белковой молекуле длиной $A = 150$ можно выбрать одним из 8 способов ($B = 8$), то общее число вариантов структуры белка P равно числу 8, умноженному самому на себя 150 раз:

$$P = B \cdot B \cdot B \cdot B \cdot \dots \cdot B \cdot B = B^A$$

$$\text{То есть, } P = 8^{150} \approx 2,9 \cdot 10^{135}.$$

2. Суммарное время, T , необходимое для перебора всех возможных вариантов структуры, составляет

$$T = B^A \cdot t$$

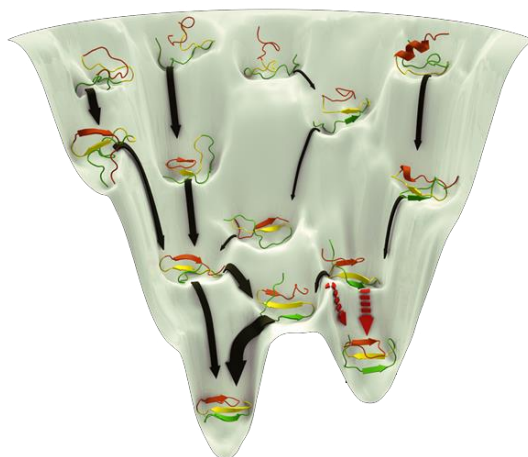
$$T = 8^{150} \cdot 10^{-13} \text{ (с)} = 8^{150} \cdot 10^{-13} / (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) \approx 9,2 \cdot 10^{114} \text{ лет}$$

$$(\text{приблизённый расчет } T \approx 2,9 \cdot 10^{135} \cdot 10^{-13} / (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) = 9,2 \cdot 10^{114} \text{ лет})$$

$$\text{Что в } 9,2 \cdot 10^{114} / 13,8 \cdot 10^9 = 6,7 \cdot 10^{104} \text{ раз больше, чем возраст Вселенной.}$$

3. При увеличении длины белковой молекулы в два раза, время, необходимое на перебор всех возможных вариантов структуры, T_2 , увеличится в $B^A = 2,9 \cdot 10^{135}$ раз:

$$T_2 = T_1 \cdot B^A = B^{2A} \cdot t$$

Вариант 4

В 2024 году Нобелевской Премией по химии были отмечены исследования, посвященные предсказанию итоговой формы при сворачивании белковой цепочки.

Одной из теоретических проблем, возникающих при рассмотрении процесса сворачивания белка, является Парадокс Левинталя. Он состоит в том, время, необходимое, чтобы белковая цепочка нашла свою оптимальную структуру путем полного перебора всех возможных вариантов, значительно больше наблюдаемого времени сворачивания белка (миллисекунды или секунды).

1. Белковую молекулу можно представить как цепочку из аминокислотных остатков. Рассчитайте, сколько вариантов структуры существует для белковой молекулы длиной 100, если каждый из ее аминокислотных остатков может независимо принимать 10 пространственных вариантов структуры? (4 балла)
2. Считая, что белок может менять свою пространственную структуру каждые 10^{-13} секунд, рассчитайте, сколько времени займет полный перебор всех возможных конформаций для белка из пункта 1, если цепочка последовательно переберет все возможные варианты своей пространственной структуры? Сравните полученную величину с временем существования Вселенной (13,8 миллиарда лет). (3 балла)
3. Как изменится время перебора всех возможных конформаций белка, при увеличении его длины вдвое? (1 балл)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 4

1. Поскольку вариант структуры каждого из аминокислотных остатков в белковой молекуле длиной $A = 100$ можно выбрать одним из 10 способов ($B = 10$), то общее число вариантов структуры белка P равно числу 10, умноженному самому на себя 100 раз:

$$P = B \cdot B \cdot B \cdot \dots \cdot B \cdot B = B^A$$

$$\text{То есть, } P = 10^{100}.$$

2. Суммарное время, T , необходимое для перебора всех возможных вариантов структуры, составляет

$$T = B^A \cdot t$$

$$T = 10^{100} \cdot 10^{-13} \text{ (с)} = 10^{87} / (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) \approx 3,2 \cdot 10^{79} \text{ лет}$$

Что в $3,2 \cdot 10^{79} / 13,8 \cdot 10^9 = 2,3 \cdot 10^{69}$ раз больше, чем возраст Вселенной.

3. При увеличении длины белковой молекулы в два раза, время, необходимое на перебор всех возможных вариантов структуры, T_2 , увеличится в $B^A = 10^{100}$ раз:

$$T_2 = T_1 \cdot B^A = B^{2A} \cdot t$$

Задача по математике. Фотопамять (11 баллов)

Вариант 1

Американские ученые применили лежащие в основе получения черно-белой фотографии процессы для записи и долговечного архивного хранения цифровой информации. Они использовали тот факт, что при освещении фотопластинки, представляющей собой зеркало, покрытое эмульсией серебра, в ее объеме образуется система "полосок", расстояние между которыми строго задается длиной волны (цветом) источника света (рис. 1). После проявления такой "фотографии" расстояние между полосками позволяет точно определить цвет, который был использован при записи. Чтобы добиться большей плотности записи информации, всю поверхность фотопластинки разбивают на маленькие ячейки, в каждую из которых можно «светить» одновременно несколькими источниками света разных цветов.

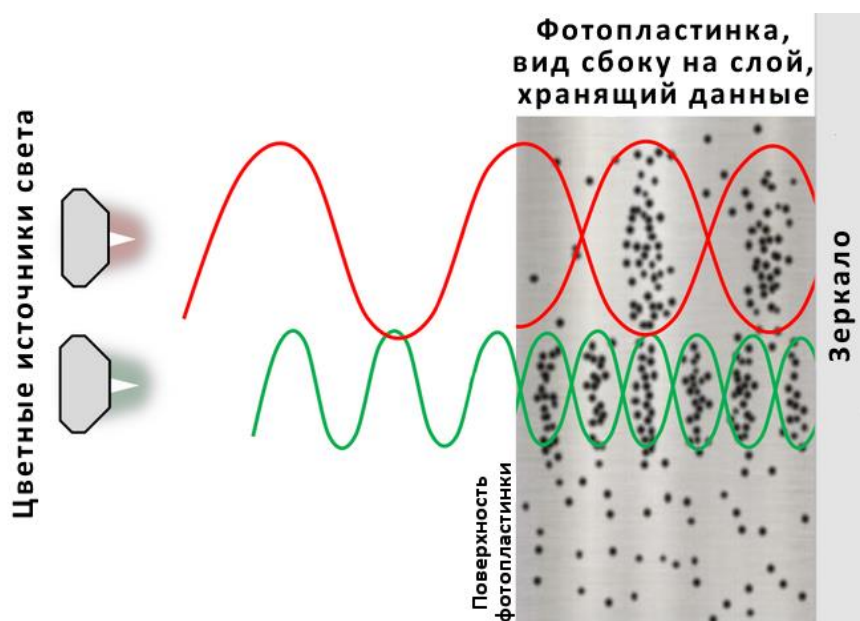


Рис. 1. Запись информации в отдельную ячейку памяти при помощи источников света (пример для двух цветов), вид сбоку. При записи и считывании имеет значение только факт наличия или отсутствия каждого из цветов в ячейке, но не их взаимное расположение или порядок записи в ячейке.

1. Сколько возможных состояний (вариантов цветовых комбинаций) существует для такой ячейки памяти, если для записи в любой ячейке можно использовать от 0 до 4 произвольных цветов из 32-цветной палитры? (6 баллов)

Подсказка: последовательно рассмотрите число состояний ячейки при использовании 0, 1, 2, 3 или 4 разных цветов из этой палитры.

2. Сколько бит информации можно закодировать в одной ячейке при таком способе записи? (3 балла)
3. Сколько всего ячеек можно разместить на фотопластинке размером 10х15 см, если размер одной ячейки 10х10 мкм? (1 балл)
4. Какой суммарный объем информации (в мегабайтах) можно записать на фотопластинке таким способом? (1 балл)

Считать, что 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ.

Всего – 11 баллов

Решение варианта 1

1. Для каждой ячейки существует столько комбинаций цветов, сколько всего существует вариантов записать слово длиной 0, 1, 2, 3 или 4 буквы, пользуясь алфавитом из 32 букв так, чтобы ни одна буква в этом слове не повторялась:

$$M_1 = 1 + C_{32}^1 + C_{32}^2 + C_{32}^3 + C_{32}^4$$

$$M_1 = 1 + \frac{32!}{31!1!} + \frac{32!}{30!2!} + \frac{32!}{29!3!} + \frac{32!}{28!4!}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 1 + 32 + \frac{31 \cdot 32}{2} + \frac{30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3} + \frac{29 \cdot 30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3 \cdot 4} \\ &= 1 + 32 + 496 + 4960 + 35960 = 41449 \end{aligned}$$

2. При рассматриваемом в задаче способе кодирования информации, количество информации, которое приходится на одну ячейку (информационный вес ячейки), равен логарифму (по основанию 2) количества возможных состояний:

$$I_1 = \log_2(M_1) = \log_2(41449) = 15,34.$$

3. Площадь фотопластинки составляет

$$S_{\text{фп}} = 10 \cdot 15 = 150 \text{ см}^2,$$

площадь одной ячейки равна

$$S_1 = 10 \cdot 10 = 100 \text{ мкм}^2.$$

Тогда общее число ячеек равно

$$N = S_{\text{фп}}/S_1 = 150 \text{ см}^2/100 \text{ мкм}^2 = 1,50 \cdot 10^8.$$

4. Объем информации, который можно записать на фотопластинку целиком, определяется общим числом возможных состояний на всей фотопластинке одновременно и составляет

$$I_{\text{общ}} = \log_2(M_{\text{общ}}) = \log_2(M_1^N) = I_1 \cdot N$$

$$I_{\text{общ}} = 15,34 \cdot 1,50 \cdot 10^8 = 2,30 \cdot 10^9 \text{ (бит)}.$$

Далее, пользуясь соотношениями 1 Б = 8 бит, 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ, переводим полученную величину в мегабайты, $I_{\text{общ}} = 274,3 \text{ (МБ)}$.

Вариант 2

Американские ученые применили лежащие в основе получения черно-белой фотографии процессы для записи и долговечного архивного хранения цифровой информации. Они использовали тот факт, что при освещении фотопластинки, представляющей собой зеркало, покрытое эмульсией серебра, в ее объеме образуется система "полосок", расстояние между которыми строго задается длиной волны (цветом) источника света (рис. 1). После проявления такой "фотографии" расстояние между полосками позволяет точно определить цвет, который был использован при записи. Чтобы добиться большей плотности записи информации, всю поверхность фотопластинки разбивают на маленькие ячейки, в каждую из которых можно «светить» одновременно несколькими источниками света разных цветов.

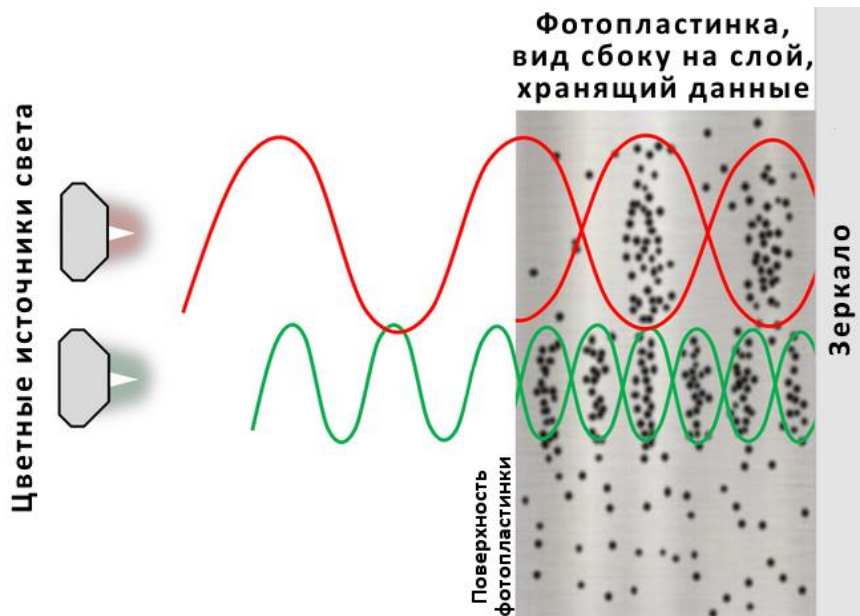


Рис. 1. Запись информации в отдельную ячейку памяти при помощи источников света (пример для двух цветов), вид сбоку. При записи и считывании имеет значение только факт наличия или отсутствия каждого из цветов в ячейке, но не их взаимное расположение или порядок записи в ячейке.

1. Сколько возможных состояний (вариантов цветовых комбинаций) существует для такой ячейки памяти, если для записи в любой ячейке можно использовать от 0 до 4 произвольных цветов из 32-цветной палитры? (6 баллов)

Подсказка: последовательно рассмотрите число состояний ячейки при использовании 0, 1, 2, 3 или 4 разных цветов из этой палитры.

2. Сколько бит информации можно закодировать в одной ячейке при таком способе записи? (3 балла)
3. Сколько всего ячеек можно разместить на фотопластинке размером 10х15 см, если размер одной ячейки 20х20 мкм? (1 балл)
4. Какой суммарный объем информации (в мегабайтах) можно записать на фотопластинке таким способом? (1 балл)

Считать, что 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ.

Всего – 11 баллов

Решение варианта 2

1. Для каждой ячейки существует столько комбинаций цветов, сколько всего существует вариантов записать слово длиной 0, 1, 2, 3 или 4 буквы, пользуясь алфавитом из 32 букв так, чтобы ни одна буква в этом слове не повторялась:

$$M_1 = 1 + C_{32}^1 + C_{32}^2 + C_{32}^3 + C_{32}^4$$

$$M_1 = 1 + \frac{32!}{31!1!} + \frac{32!}{30!2!} + \frac{32!}{29!3!} + \frac{32!}{28!4!}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 1 + 32 + \frac{31 \cdot 32}{2} + \frac{30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3} + \frac{29 \cdot 30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3 \cdot 4} \\ &= 1 + 32 + 496 + 4960 + 35960 = 41449 \end{aligned}$$

2. При рассматриваемом в задаче способе кодирования информации, количество информации, которое приходится на одну ячейку (информационный вес ячейки), равен логарифму (по основанию 2) количества возможных состояний:

$$I_1 = \log_2(M_1) = \log_2(41449) = 15,34.$$

3. Площадь фотопластинки составляет

$$S_{\text{фп}} = 10 \cdot 15 = 150 \text{ см}^2,$$

площадь одной ячейки равна

$$S_1 = 20 \cdot 20 = 400 \text{ мкм}^2.$$

Тогда общее число ячеек равно

$$N = S_{\text{фп}}/S_1 = 150 \text{ см}^2/400 \text{ мкм}^2 = 3,75 \cdot 10^7.$$

4. Объем информации, который можно записать на фотопластинку целиком, определяется общим числом возможных состояний на всей фотопластинке одновременно и составляет

$$I_{\text{общ}} = \log_2(M_{\text{общ}}) = \log_2(M_1^N) = I_1 \cdot N$$

$$I_{\text{общ}} = 15,34 \cdot 3,75 \cdot 10^7 = 5,75 \cdot 10^8 \text{ (бит)}.$$

Далее, пользуясь соотношениями 1 Б = 8 бит, 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ, переводим полученную величину в мегабайты, $I_{\text{общ}} = 68,6 \text{ (МБ)}$.

Вариант 3

Американские ученые применили лежащие в основе получения черно-белой фотографии процессы для записи и долговечного архивного хранения цифровой информации. Они использовали тот факт, что при освещении фотопластинки, представляющей собой зеркало, покрытое эмульсией серебра, в ее объеме образуется система "полосок", расстояние между которыми строго задается длиной волны (цветом) источника света (рис. 1). После проявления такой "фотографии" расстояние между полосками позволяет точно определить цвет, который был использован при записи. Чтобы добиться большей плотности записи информации, всю поверхность фотопластинки разбивают на маленькие ячейки, в каждую из которых можно «светить» одновременно несколькими источниками света разных цветов.

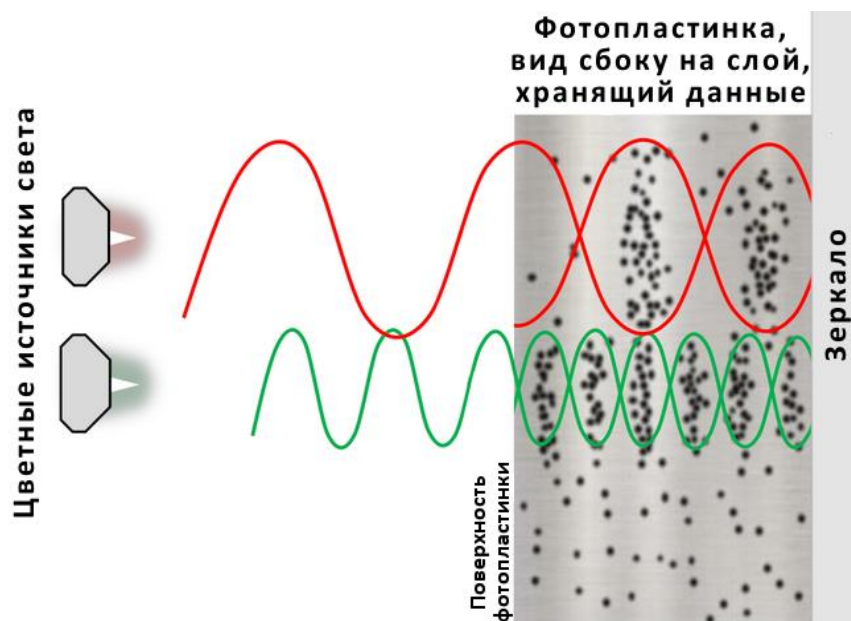


Рис. 1. Запись информации в отдельную ячейку памяти при помощи источников света (пример для двух цветов), вид сбоку. При записи и считывании имеет значение только факт наличия или отсутствия каждого из цветов в ячейке, но не их взаимное расположение или порядок записи в ячейке.

1. Сколько возможных состояний (вариантов цветовых комбинаций) существует для такой ячейки памяти, если для записи в любой ячейке можно использовать от 0 до 4 произвольных цветов из 32-цветной палитры? (6 баллов)

Подсказка: последовательно рассмотрите число состояний ячейки при использовании 0, 1, 2, 3 или 4 разных цветов из этой палитры.

2. Сколько бит информации можно закодировать в одной ячейке при таком способе записи? (3 балла)
3. Сколько всего ячеек можно разместить на фотопластинке размером 9х12 см, если размер одной ячейки 10х10 мкм? (1 балл)
4. Какой суммарный объем информации (в мегабайтах) можно записать на фотопластинке таким способом? (1 балл)

Считать, что 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ.

Всего – 11 баллов

Решение варианта 3

1. Для каждой ячейки существует столько комбинаций цветов, сколько всего существует вариантов записать слово длиной 0, 1, 2, 3 или 4 буквы, пользуясь алфавитом из 32 букв так, чтобы ни одна буква в этом слове не повторялась:

$$M_1 = 1 + C_{32}^1 + C_{32}^2 + C_{32}^3 + C_{32}^4$$

$$M_1 = 1 + \frac{32!}{31!1!} + \frac{32!}{30!2!} + \frac{32!}{29!3!} + \frac{32!}{28!4!}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 1 + 32 + \frac{31 \cdot 32}{2} + \frac{30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3} + \frac{29 \cdot 30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3 \cdot 4} \\ &= 1 + 32 + 496 + 4960 + 35960 = 41449 \end{aligned}$$

2. При рассматриваемом в задаче способе кодирования информации, количество информации, которое приходится на одну ячейку (информационный вес ячейки), равен логарифму (по основанию 2) количества возможных состояний:

$$I_1 = \log_2(M_1) = \log_2(41449) = 15,34.$$

3. Площадь фотопластинки составляет

$$S_{\text{фп}} = 9 \cdot 12 = 108 \text{ см}^2,$$

площадь одной ячейки равна

$$S_1 = 10 \cdot 10 = 100 \text{ мкм}^2.$$

Тогда общее число ячеек равно

$$N = S_{\text{фп}}/S_1 = 108 \text{ см}^2/100 \text{ мкм}^2 = 1,08 \cdot 10^8.$$

4. Объем информации, который можно записать на фотопластинку целиком, определяется общим числом возможных состояний на всей фотопластинке одновременно и составляет

$$I_{\text{общ}} = \log_2(M_{\text{общ}}) = \log_2(M_1^N) = I_1 \cdot N$$

$$I_{\text{общ}} = 15,34 \cdot 1,08 \cdot 10^8 = 1,66 \cdot 10^9 \text{ (бит)}.$$

Далее, пользуясь соотношениями 1 Б = 8 бит, 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ, переводим полученную величину в мегабайты, $I_{\text{общ}} = 197,5 \text{ (МБ)}$.

Вариант 4

Американские ученые применили лежащие в основе получения черно-белой фотографии процессы для записи и долговечного архивного хранения цифровой информации. Они использовали тот факт, что при освещении фотопластинки, представляющей собой зеркало, покрытое эмульсией серебра, в ее объеме образуется система "полосок", расстояние между которыми строго задается длиной волны (цветом) источника света (рис. 1). После проявления такой "фотографии" расстояние между полосками позволяет точно определить цвет, который был использован при записи. Чтобы добиться большей плотности записи информации, всю поверхность фотопластинки разбивают на маленькие ячейки, в каждую из которых можно «светить» одновременно несколькими источниками света разных цветов.

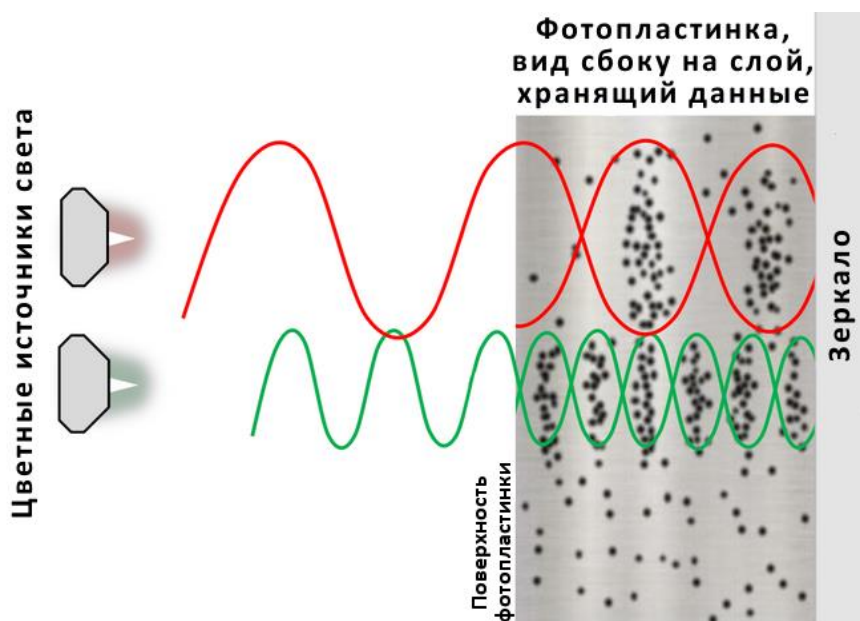


Рис. 1. Запись информации в отдельную ячейку памяти при помощи источников света (пример для двух цветов), вид сбоку. При записи и считывании имеет значение только факт наличия или отсутствия каждого из цветов в ячейке, но не их взаимное расположение или порядок записи в ячейке.

1. Сколько возможных состояний (вариантов цветовых комбинаций) существует для такой ячейки памяти, если для записи в любой ячейке можно использовать от 0 до 4 произвольных цветов из 32-цветной палитры? (6 баллов)

Подсказка: последовательно рассмотрите число состояний ячейки при использовании 0, 1, 2, 3 или 4 разных цветов из этой палитры.

2. Сколько бит информации можно закодировать в одной ячейке при таком способе записи? (3 балла)
3. Сколько всего ячеек можно разместить на фотопластинке размером 9x12 см, если размер одной ячейки 20x20 мкм? (1 балл)

4. Какой суммарный объем информации (в мегабайтах) можно записать на фотопластинке таким способом? (1 балл)

Считать, что 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ.

Всего – 11 баллов

Решение варианта 4

1. Для каждой ячейки существует столько комбинаций цветов, сколько всего существует вариантов записать слово длиной 0, 1, 2, 3 или 4 буквы, пользуясь алфавитом из 32 букв так, чтобы ни одна буква в этом слове не повторялась:

$$M_1 = 1 + C_{32}^1 + C_{32}^2 + C_{32}^3 + C_{32}^4$$

$$M_1 = 1 + \frac{32!}{31!1!} + \frac{32!}{30!2!} + \frac{32!}{29!3!} + \frac{32!}{28!4!}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 1 + 32 + \frac{31 \cdot 32}{2} + \frac{30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3} + \frac{29 \cdot 30 \cdot 31 \cdot 32}{2 \cdot 3 \cdot 4} \\ &= 1 + 32 + 496 + 4960 + 35960 = 41449 \end{aligned}$$

2. При рассматриваемом в задаче способе кодирования информации, количество информации, которое приходится на одну ячейку (информационный вес ячейки), равен логарифму (по основанию 2) количества возможных состояний:

$$I_1 = \log_2(M_1) = \log_2(41449) = 15,34.$$

3. Площадь фотопластинки составляет

$$S_{\text{фп}} = 9 \cdot 12 = 108 \text{ см}^2,$$

площадь одной ячейки равна

$$S_1 = 20 \cdot 20 = 400 \text{ мкм}^2.$$

Тогда общее число ячеек равно

$$N = S_{\text{фп}}/S_1 = 108 \text{ см}^2/400 \text{ мкм}^2 = 2,70 \cdot 10^7.$$

4. Объем информации, который можно записать на фотопластинку целиком, определяется общим числом возможных состояний на всей фотопластинке одновременно и составляет

$$I_{\text{общ}} = \log_2(M_{\text{общ}}) = \log_2(M_1^N) = I_1 \cdot N$$

$$I_{\text{общ}} = 15,34 \cdot 2,70 \cdot 10^7 = 4,14 \cdot 10^8 \text{ (бит)}.$$

Далее, пользуясь соотношениями 1 Б = 8 бит, 1 КБ = 1024 Б, 1 МБ = 1024 КБ, переводим полученную величину в мегабайты, $I_{\text{общ}} = 49,4 \text{ (МБ)}$.

Задача по биологии. Определи полипептид (5 баллов)

Вариант 1

Последовательность нуклеотидов из середины кодирующего участка мРНК содержит информацию о некоем полипептиде, включая стартовый и стоп кодон.

1. Используя таблицу кодонов, определите закодированный полипептид. (3 балла)
2. Определите заряд полипептида в нейтральной среде. (2 балла)

AUAUGAAGGAUCAAGACUAAAG

Таблица кодонов

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

Всего – 5 баллов

Решение варианта 1

AU AUG AAG GAU CAA GAC UAA AG

Иницилирующим кодоном является AUG, кодирующий аминокислоту метионин, найдем его (выделен желтым), после чего разделим последующие нуклеотиды на тройки и определим последовательность полипептидов:

Желтый – стартовый и стоп кодоны; красный – положительно заряженные аминокислоты; синий – отрицательно заряженные аминокислоты.

Метионин-лизин-аспарагиновая кислота-глутамин-аспарагиновая кислота.

Лизин имеет заряд +1, Аспарагиновая кислота -1, метионин и глутамин нейтральные. Общий заряд – -1.

Правильно определенная последовательность аминокислот +3 балла. Правильно рассчитанный заряд +2 балла. Максимум 5 баллов.

Вариант 2

Последовательность нуклеотидов из середины кодирующего участка мРНК содержит информацию о некоем полипептиде, включая стартовый и стоп кодон.

1. Используя таблицу кодонов, определите закодированный полипептид. (3 балла)
2. Определите заряд полипептида в нейтральной среде. (2 балла)

AAUGCCGAAAGAUAUCGUGAUA

Таблица кодонов

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

Всего – 5 баллов

Решение варианта 2

A AUG CCG AAA GAU UCG UGA UA

Иницирующим кодоном является AUG, кодирующий аминокислоту метионин, найдем его (выделен желтым), после чего разделим последующие нуклеотиды на тройки и определим последовательность полипептидов:

Желтый – стартовый и стоп кодоны; красный – положительно заряженные аминокислоты; синий – отрицательно заряженные аминокислоты.

Метионин-пролин-лизин-аспарагиновая кислота-серин.



Лизин имеет заряд +1, Аспарагиновая кислота -1, пролин, серин и метионин - нейтральные. Общий заряд – 0.

Правильно определенная последовательность аминокислот +3 балла. Правильно рассчитанный заряд +2 балла. Максимум 5 баллов.

Вариант 3

Последовательность нуклеотидов из середины кодирующего участка мРНК содержит информацию о некоем полипептиде, включая стартовый и стоп кодон.

1. Используя таблицу кодонов, определите закодированный полипептид. (3 балла)
2. Определите заряд полипептида в нейтральной среде. (2 балла)

UAUGACAGGGAAUAGGUGAAU

Таблица кодонов

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

Всего – 5 баллов

Решение варианта 3

U AUG ACA GGG AAU AGG UGA AU

Иницилирующим кодоном является AUG, кодирующий аминокислоту метионин, найдем его (выделен желтым), после чего разделим последующие нуклеотиды на тройки и определим последовательность полипептидов:

Желтый – стартовый и стоп кодоны; красный – положительно заряженные аминокислоты.

Метионин-треонин-глицин-аспарагин-аргинин.

Аргинин имеет заряд +1, аспарагин, треонин, глицин и метионин - нейтральные. Общий заряд – +1.

Правильно определенная последовательность аминокислот +3 балла. Правильно рассчитанный заряд +2 балла. Максимум 5 баллов.

Вариант 4

Последовательность нуклеотидов из середины кодирующего участка мРНК содержит информацию о некоем полипептиде, включая стартовый и стоп кодон.

1. Используя таблицу кодонов, определите закодированный полипептид. (3 балла)
2. Определите заряд полипептида в нейтральной среде. (2 балла)

AAAUGACUCAGCUACAUGAAG

Таблица кодонов

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

Всего – 5 баллов

Решение варианта 4

AA **AUG** ACU CAG CUA **CAU** **UGA** AG

Иницирующим кодоном является AUG, кодирующий аминокислоту метионин, найдем его (выделен желтым), после чего разделим последующие нуклеотиды на тройки и определим последовательность полипептидов:

Желтый – стартовый и стоп кодоны; красный – положительно заряженные аминокислоты.

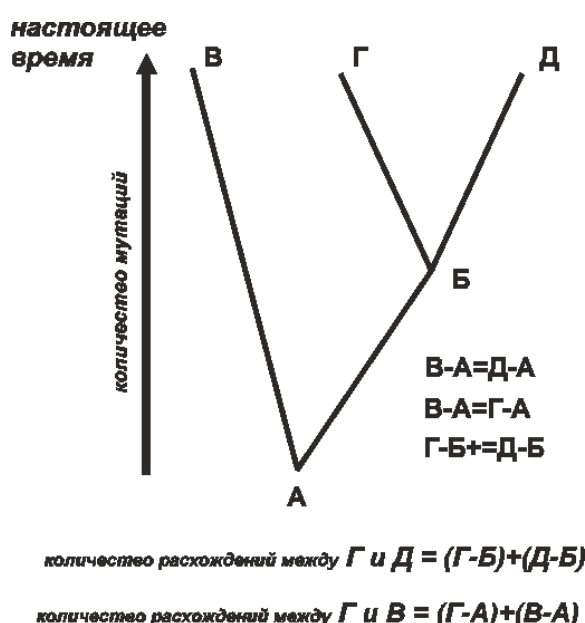
Метионин-треонин-глутамин-лейцин-гистидин.

Гистидин имеет заряд +1, треонин, глутамин, лейцин и метионин - нейтральные. Общий заряд – +1.

Правильно определенная последовательность аминокислот +3 балла. Правильно рассчитанный заряд +2 балла. Максимум 5 баллов.

Задача по биологии. Молекулярные часы (10 баллов)

Вариант 1



Молекулярные часы – метод датирования расхождений видов или других таксонов во времени, основанный на гипотезе, согласно которой скорость накопления нейтральных генетических мутаций (замены нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК) постоянна, то есть время, прошедшее с момента расхождения пары родственных групп, пропорционально числу молекулярных замен.

Метод имеет ряд ограничений, особенно при его использовании на больших временах от расхождения между группами и оценкой неродственных таксонов, поскольку: 1) скорость мутагенеза зависит от большого числа дополнительных условий и может быть различен у разных групп; 2) часто необходимо использовать дополнительные палеонтологические, археологические и иные данные для уточнения датировок.

Тем не менее, в настоящий момент метод молекулярных часов не имеет альтернативы.

При этом предполагается, что скорости накопления нейтральных мутаций в популяции и в отдельной особи одинаковы. Накопления мутаций в процессе деления групп аддитивны, то есть если исходная группа А (см. рисунок) разделилась на две (Б и В), а одна из этих групп еще раз разделилась (на группы Г и Д), то в идеальных условиях к настоящему времени количества накопленных нейтральных мутаций (за время деления) в группах В и Д должны совпадать, так же как и в группах В и Г. При этом различие между группами

соответствует сумме накопленных мутаций от момента разделения исходной группы (различие между группами Д и В составляет сумму мутаций, накопленных Д и В с момента разделения группы А, причем общее количество накопленных мутаций в группе Д равно сумме мутаций, накопленных в группе Б с момента отделения от А, и количеству мутаций в группе Д, накопленных после отделения от Б). Скорость накопления мутаций (скорость мутагенеза), v , определяется как количество нейтральных расхождений, N , деленное на удвоенное (мутации независимо накапливались в двух группах) время, t , прошедшее после расхождения (часто определяется в прошедших поколениях):

$$v=N/2t$$

1. Оцените время расхождения двух человеческих групп, если различие в митохондриальном ДНК составило 1000 нуклеотидных пар. Скорость мутагенеза митохондриальной ДНК составляет $6 \cdot 10^{-8}$ мутаций на пару оснований в год, а доля митохондриальной ДНК составляет 5% человеческого генома (одна митохондриальная молекула ДНК содержит 16000 пар оснований). (5 баллов)
2. Сравните результат со временем расхождения, рассчитанного по ядерному геному, при таком же количестве расхождений, если скорость мутагенеза – 1 мутация на 100000000 пар нуклеотидов, а весь геном составляет 3 200 000 000 пар нуклеотидов. (5 баллов)

Длительность поколения принимаем за 20 лет. Считаем, что на накопление мутаций ничего не влияло, а мутации появлялись случайно. Ответы представьте в виде количества поколений, округлив результаты до целых.

Всего – 10 баллов

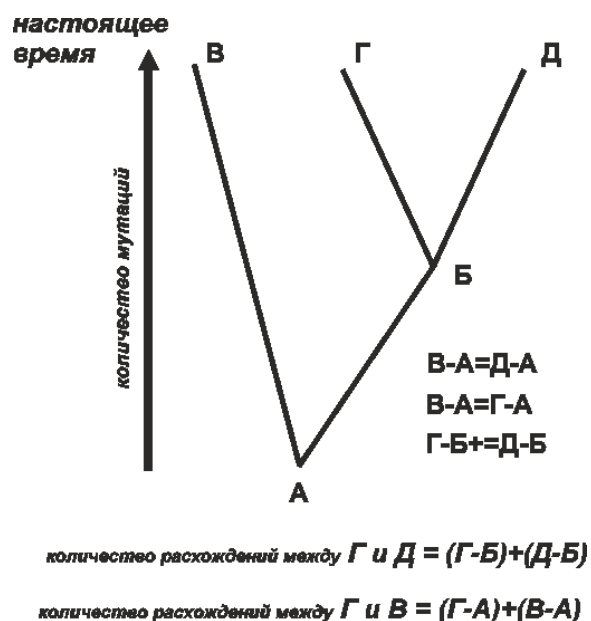
Решение варианта 1

3 и 16

Вариант расчета.

1. Пересчитаем скорость мутагенеза в человеческие поколения. Размер митохондриального генома составляет 5% от общего количества, т.е. $3\,200\,000\,000 \times 0,05 = 160\,000\,000$ пар оснований. Таким образом, скорость мутагенеза митохондрий за год составляет $(6 \cdot 10^{-8} \times 160\,000\,000)$ 9,6 мутаций за год или $(9,6 \times 20)$ 192 мутации за поколение.
2. Отличие составляет 1000 нуклеотидных пар, таким образом время в поколениях с момента разделения двух групп составляет $(1000/(2 \times 192))$ 2,6 или, после округления, 3 поколения.
3. 1 мутация на 10^8 пар нуклеотидов соответствует $(3,2 \times 10^9 / 10^8)$ 32 мутации за поколение.
4. Отличие составляет 1000 нуклеотидных пар, таким образом время в поколениях с момента разделения двух групп составляет $(1000/(2 \times 32))$ 15,6 или, после округления, 16 поколений.

Вариант 2



Молекулярные часы – метод датирования расхождений видов или других таксонов во времени, основанный на гипотезе, согласно которой скорость накопления нейтральных генетических мутаций (замены нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК) постоянна, то есть время, прошедшее с момента расхождения пары родственных групп, пропорционально числу молекулярных замен.

Метод имеет ряд ограничений, особенно при его использовании на больших временах от расхождения между группами и оценкой неродственных таксонов, поскольку: 1) скорость мутагенеза зависит от большого числа дополнительных условий и может быть различен у разных групп; 2) часто необходимо использовать дополнительные палеонтологические, археологические и иные данные для уточнения датировок.

Тем не менее, в настоящий момент метод молекулярных часов не имеет альтернативы.

При этом предполагается, что скорости накопления нейтральных мутаций в популяции и в отдельной особи одинаковы. Накопления мутаций в процессе разделения групп аддитивны, то есть если исходная группа А (см. рисунок) разделилась на две (Б и В), а одна из этих групп еще раз разделилась (на группы Г и Д), то в идеальных условиях к настоящему времени количества накопленных нейтральных мутаций (за время разделения) в группах В и Д должны совпадать, так же как и в группах В и Г. При этом различие между группами соответствует сумме накопленных мутаций от момента разделения исходной группы (различие между группами Д и В составляет сумму мутаций, накопленных Д и В с момента разделения группы А, причем общее количество накопленных мутаций в группе Д равно сумме мутаций, накопленных в группе Б с момента отделения от А, и количеству мутаций в группе Д, накопленных после отделения от Б). Скорость накопления мутаций (скорость мутагенеза), v , определяется как количество нейтральных расхождений, N , деленное на удвоенное (мутации независимо накапливались в двух группах) время, t , прошедшее после расхождения (часто определяется в прошедших поколениях):

$$v = N / 2t$$

1. Оцените время расхождения двух человеческих групп, если различие в митохондриальном ДНК составило 1500 нуклеотидных пар. Скорость мутагенеза митохондриальной ДНК составляет $6 \cdot 10^{-8}$ мутаций на пару оснований в год, а доля митохондриальной ДНК составляет 5% человеческого генома (одна митохондриальная молекула ДНК содержит 16000 пар оснований). (5 баллов)
2. Сравните результат со временем расхождения, рассчитанного по ядерному геному, при таком же количестве расхождений, если скорость мутагенеза – 1 мутация на 100000000 пар нуклеотидов, а весь геном составляет 3 200 000 000 пар нуклеотидов. (5 баллов)

Длительность поколения принимаем за 20 лет. Считаем, что на накопление мутаций ничего не влияло, а мутации появлялись случайно. Ответы представьте в виде количества поколений, округлив результаты до целых.

Всего – 10 баллов

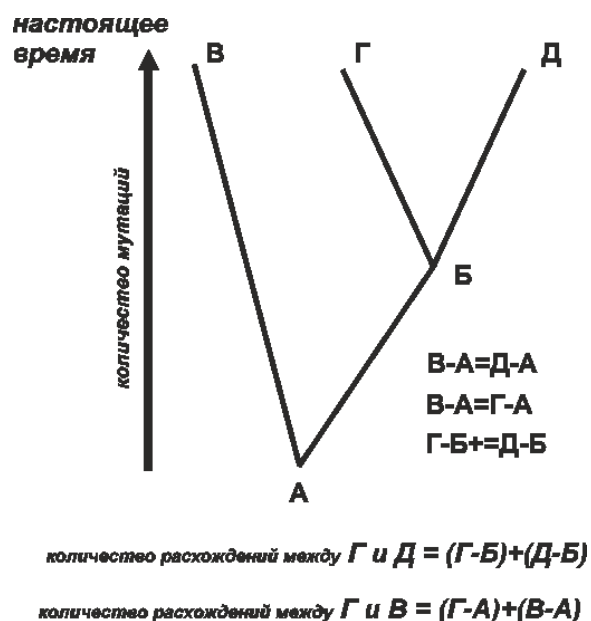
Решение варианта 2

4 и 23

Вариант расчета.

1. Пересчитаем скорость мутагенеза в человеческие поколения. Размер митохондриального генома составляет 5% от общего количества ($3\,200\,000\,000 \times 0,05$) 160 000 000 пар оснований. Таким образом скорость мутагенеза митохондрий за год составляет ($6 \cdot 10^{-8} \times 160\,000\,000$) 9,6 мутаций за год или ($9,6 \times 20$) 192 мутации за поколение.
2. Отличие составляет 1500 нуклеотидных пар, таким образом время в поколениях с момента разделения двух групп составляет ($1500 / (2 \times 192)$) 3,9 или, после округления, 4 поколения.
3. 1 мутация на 10^8 пар нуклеотидов соответствует ($3,2 \times 10^9 / 10^8$) 32 мутации за поколение.
4. Отличие составляет 1500 нуклеотидных пар, таким образом время с момента разделения двух групп составило что составляет ($1500 / (2 \times 32)$) 23,4 или, после округления, 23 поколения.

Вариант 3



Молекулярные часы – метод датирования расхождений видов или других таксонов во времени, основанный на гипотезе, согласно которой скорость накопления нейтральных генетических мутаций (замены нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК) постоянна, то есть время, прошедшее с момента расхождения пары родственных групп, пропорционально числу молекулярных замен.

Метод имеет ряд ограничений, особенно при его использовании на больших временах от расхождения между группами и оценкой неродственных таксонов, поскольку: 1) скорость мутагенеза зависит от большого числа дополнительных условий и может быть различен у разных групп; 2) часто необходимо использовать дополнительные палеонтологические, археологические и иные данные для уточнения датировок.

Тем не менее, в настоящий момент метод молекулярных часов не имеет альтернативы.

При этом предполагается, что скорости накопления нейтральных мутаций в популяции и в отдельной особи одинаковы. Накопления мутаций в процессе разделения групп аддитивны, то есть если исходная группа А (см. рисунок) разделилась на две (Б и В), а одна из этих групп еще раз разделилась (на группы Г и Д), то в идеальных условиях к настоящему времени количества накопленных нейтральных мутаций (за время разделения) в группах В и Д должны совпадать, так же как и в группах В и Г. При этом различие между группами соответствует сумме накопленных мутаций от момента разделения исходной группы (различие между группами Д и В составляет сумму мутаций, накопленных Д и В с момента разделения группы А, причем общее количество накопленных мутаций в группе Д равно сумме мутаций, накопленных в группе Б с момента отделения от А, и количеству мутаций в группе Д, накопленных после отделения от Б). Скорость накопления мутаций (скорость мутагенеза), v , определяется как количество нейтральных расхождений, N , деленное на удвоенное (мутации независимо накапливались в двух группах) время, t , прошедшее после расхождения (часто определяется в прошедших поколениях):

$$v = N / 2t$$

1. Оцените время расхождения двух человеческих групп, если различие в митохондриальном ДНК составило 4000 нуклеотидных пар. Скорость мутагенеза митохондриальной ДНК составляет $6 \cdot 10^{-8}$ мутаций на пару оснований в год, а доля митохондриальной ДНК составляет 5% человеческого генома (одна митохондриальная молекула ДНК содержит 16000 пар оснований). (5 баллов)
2. Сравните результат со временем расхождения, рассчитанного по ядерному геному, при таком же количестве расхождений, если скорость мутагенеза – 1 мутация на 100000000 пар нуклеотидов, а весь геном составляет 3 200 000 000 пар нуклеотидов. (5 баллов)

Длительность поколения принимаем за 20 лет. Считаем, что на накопление мутаций ничего не влияло, а мутации появлялись случайно. Ответы представьте в виде количества поколений, округлив результаты до целых.

Всего – 10 баллов

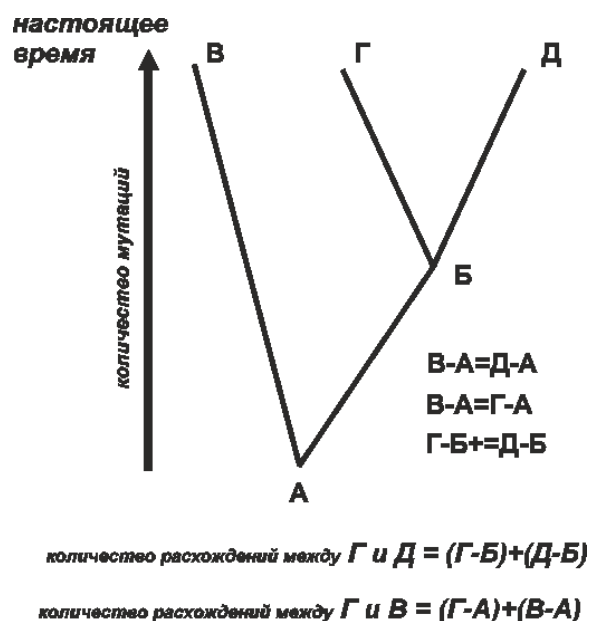
Решение варианта 3

10 и 63

Вариант расчета.

1. Пересчитаем скорость мутагенеза в человеческие поколения. Размер митохондриального генома составляет 5% от общего количества ($3\,200\,000\,000 \times 0,05$) 160 000 000 пар оснований. Таким образом скорость мутагенеза митохондрий за год составляет ($6 \cdot 10^{-8} \times 160\,000\,000$) 9,6 мутаций за год или ($9,6 \times 20$) 192 мутации за поколение.
2. Отличие составляет 4000 нуклеотидных пар, таким образом время с момента разделения двух групп составило что составляет ($4000 / (2 \times 192)$) 10,4 или, после округления, 10 поколений.
3. 1 мутация на 10^8 пар нуклеотидов соответствует ($3,2 \times 10^9 / 10^8$) 32 мутации на поколение.
4. Отличие составляет 4000 нуклеотидных пар, таким образом время с момента разделения двух групп составило что составляет ($4000 / (2 \times 32)$) 62,5 или, после округления, 64 поколения.

Вариант 4



Молекулярные часы – метод датирования расхождений видов или других таксонов во времени, основанный на гипотезе, согласно которой скорость накопления нейтральных генетических мутаций (замены нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК) постоянна, то есть время, прошедшее с момента расхождения пары родственных групп, пропорционально числу молекулярных замен.

Метод имеет ряд ограничений, особенно при его использовании на больших временах от расхождения между группами и оценкой неродственных таксонов, поскольку: 1) скорость мутагенеза зависит от большого числа дополнительных условий и может быть различен у разных групп; 2) часто необходимо использовать дополнительные палеонтологические, археологические и иные данные для уточнения датировок.

Тем не менее, в настоящий момент метод молекулярных часов не имеет альтернативы.

При этом предполагается, что скорости накопления нейтральных мутаций в популяции и в отдельной особи одинаковы. Накопления мутаций в процессе разделения групп аддитивны, то есть если исходная группа А (см. рисунок) разделилась на две (Б и В), а одна из этих групп еще раз разделилась (на группы Г и Д), то в идеальных условиях к настоящему времени количества накопленных нейтральных мутаций (за время разделения) в группах В и Д должны совпадать, так же как и в группах В и Г. При этом различие между группами соответствует сумме накопленных мутаций от момента разделения исходной группы (различие между группами Д и В составляет сумму мутаций, накопленных Д и В с момента разделения группы А, причем общее количество накопленных мутаций в группе Д равно сумме мутаций, накопленных в группе Б с момента отделения от А, и количеству мутаций в группе Д, накопленных после отделения от Б). Скорость накопления мутаций (скорость мутагенеза), v , определяется как количество нейтральных расхождений, N , деленное на удвоенное (мутации независимо накапливались в двух группах) время, t , прошедшее после расхождения (часто определяется в прошедших поколениях):

$$v = N / 2t$$

1. Оцените время расхождения двух человеческих групп, если различие в митохондриальном ДНК составило 2000 нуклеотидных пар. Скорость мутагенеза митохондриальной ДНК составляет $6 \cdot 10^{-8}$ мутаций на пару оснований в год, а доля митохондриальной ДНК составляет 5% человеческого генома (одна митохондриальная молекула ДНК содержит 16000 пар оснований). (5 баллов)
2. Сравните результат со временем расхождения, рассчитанного по ядерному геному, при таком же количестве расхождений, если скорость мутагенеза – 1 мутация на 100000000 пар нуклеотидов, а весь геном составляет 3 200 000 000 пар нуклеотидов. (5 баллов)

Длительность поколения принимаем за 20 лет. Считаем, что на накопление мутаций ничего не влияло, а мутации появлялись случайно. Ответы представьте в виде количества поколений, округлив результаты до целых.

Всего – 10 баллов

Решение варианта 4

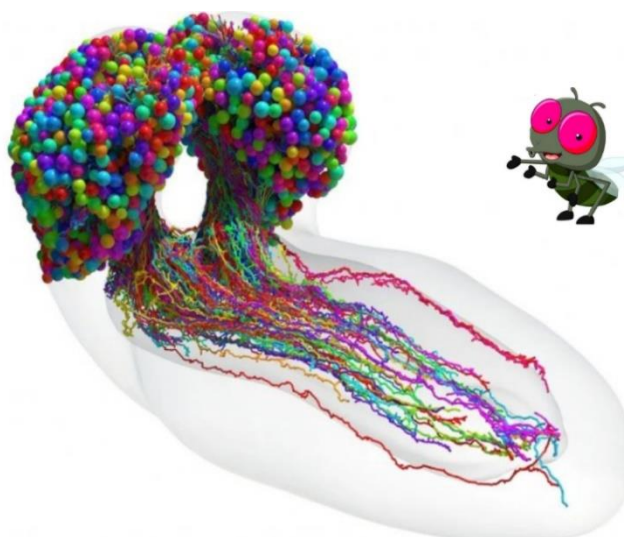
5 и 31

Вариант расчета.

1. Пересчитаем скорость мутагенеза в человеческие поколения. Размер митохондриального генома составляет 5% от общего количества ($3\,200\,000\,000 \times 0,05$) 160 000 000 пар оснований. Таким образом скорость мутагенеза митохондрий за год составляет ($6 \cdot 10^{-8} \times 160\,000\,000$) 9,6 мутаций за год или ($9,6 \times 20$) 192 мутации за поколение.
2. Отличие составляет 2000 нуклеотидных пар, таким образом время с момента разделения двух групп составило что составляет ($2000 / (2 \times 192)$) 5,2 или, после округления, 5 поколений.
3. 1 мутация на 10^8 пар нуклеотидов соответствует ($3,2 \times 10^9 / 10^8$) 32 мутации за поколение.
4. Отличие составляет 2000 нуклеотидных пар, таким образом время с момента разделения двух групп составило что составляет ($2000 / (2 \times 32)$) 31,25 или, после округления, 31 поколение.

Задача по биологии. Как увидеть коннектом? (10 баллов)**Вариант 1**

Для того, чтобы детально изучить работу мозга, важно установить, как нервные клетки связаны друг с другом, построить подробную карту нервных связей. Совокупность всех нервных связей в мозге называется коннектом. Одним из способов визуализации нервных клеток является флуоресцентная микроскопия.



Флуоресценция — процесс перехода молекулы при освещении в возбужденное состояние, а затем из возбужденного состояния в исходное с испусканием света. При этом длина волны возбуждающего света, как правило, меньше, чем испускаемого. Это явление характерно для многих биологических соединений. В частности, у медузы есть специальный флуоресцирующий белок, который при освещении синим светом испускает зеленый свет. Его и другие подобные белки широко используют в биологических экспериментах для того, чтобы получить изображения выбранных структур или отдельных клеток. Так, если в клетку генноинженерным способом встроить ген такого флуоресцирующего белка, то этот белок будет экспрессироваться и клетка будет видна в конфокальный флуоресцентный микроскоп при освещении светом в области поглощения.

Возьмем набор таких флуоресцентных белков (на самом деле их больше):

CFP максимум поглощения света при длине волны 433 нм, флуоресценция – при 475 нм
GFP максимум поглощения 475 нм, флуоресценция 509 нм
YFP максимум поглощения 513 нм, флуоресценция 527 нм
OFP максимум поглощения 543 нм, флуоресценция 567 нм
RFP максимум поглощения 587 нм, флуоресценция 610 нм

1. Как расшифровывается название белка GFP? (2 балла)

- а. Giant Fly Protein – белок гигантской мухи
- б. Golden Fish Protein – белок золотой рыбки
- в. Green Fluorescent Protein – зеленый флуоресцентный белок
- г. Growth Factor Peptide – пептид фактора роста

2. В какие цвета окрасятся клетки, экспрессирующие белок GFP, если мы посмотрим на них во флуоресцентный микроскоп? А каким светом нужно осветить эти клетки, чтобы мы их увидели? (2 балла)
- а. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в синей области спектра
 - б. Клетки окрасятся в синий цвет при освещении в зеленой области спектра
 - в. Клетки окрасятся в красный цвет при освещении в зеленой области спектра
 - г. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в красной области спектра
3. Однако, если мы встроим в геном всех клеток один и тот же флуоресцентный белок, все они окрасятся одинаковым цветом и мы не отличим одну клетку от другой. А если сделать так, чтобы разные клетки одного организма (например, нейроны мозга плодовой мушки) светились разными цветами?

Сделаем генетические конструкции, состоящие из промотора и нескольких генов флуоресцентных белков, например RFP, CFP и YFP. Между собой все гены белков разделены особыми короткими последовательностями семейства loxPn таким образом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - stop - loxP1 - RFP - loxP2 - CFP - loxP3 - YFP

Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - stop - loxP4 - RFP - loxP5 - CFP - loxP6 - YFP

Промотор — активирует транскрипцию ближайшего к нему гена.

Stop — сигнал остановки транскрипции.

Эти конструкции вводят в геном линии плодовых мушек и выделяют линию с генотипом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - stop - loxP1 - RFP - loxP2 - CFP - loxP3 - YFP

Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - stop - loxP4 - RFP - loxP5 - CFP - loxP6 - YFP

Существует также фермент Cre-рекомбиназа, который взаимодействует только с 2 идентичными loxP-сайтами, располагает их параллельно и сонаправлено (в одном направлении) и осуществляет вырезки или инверсии ДНК между ними. Чтобы произошла рекомбинация, две молекулы Cre, связавшиеся с одним сайтом loxP, должны встретиться с двумя другими молекулами Cre, связанными с другим таким же сайтом loxP (т. е. loxP1-loxP1 и т. д.). Сайты loxP при этом располагаются в одном направлении. Это приведет к разрезанию сайтов loxP посередине и обмену получившимися концами. (Последовательность loxP может быть расположена слева направо или наоборот, зеркально справа налево, но в нашей конструкции все loxP-сайты сонаправлены).

Конструкцию, позволяющую экспрессировать Cre-рекомбиназу, вводят полученной линии плодовых мушек.

Рассмотрим мозг взрослых мух под микроскопом.

- 3.1. Что произойдет, если Cre-рекомбиназа не работает (или мы взяли только линию мушек со встроенной конструкцией и без Cre-рекомбиназы)? Какими цветами будут светиться нейроны этих мушек? (2 балла)
- 3.2. Какой набор генов можно получить у взрослых мушек с активной Cre-рекомбиназой? (2 балла)

- 3.3. Можно ли получить нейроны, свягающиеся зеленым цветом? Если да, то какой у них будет генотип? Сколько разных цветов флуоресценции нейронов можно получить? (2 балла)

Всего – 10 баллов

Решение варианта 1

1. GFP – green fluorescent protein, зеленый флуоресцентный белок
2. а. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в синей области спектра
3.
 - 3.1. Флуоресцентные белки не будут экспрессироваться, т. к. транскрипция будет остановлена последовательностью Stop
 - 3.2. Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - stop - loxP1 - RFP - loxP2 - CFP - loxP3 - YFP (если рекомбиназа не сработала, такое тоже может быть)
Промотор - loxP1 - RFP - loxP2 - CFP - loxP3 – YFP
Промотор - loxP1 - loxP2 - CFP - loxP3 – YFP
Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - YFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - stop - loxP4 - RFP - loxP5 - CFP - loxP6 – YFP
Промотор - loxP4 - RFP - loxP5 - CFP - loxP6 – YFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - CFP - loxP6 – YFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 – YFP
 - 3.3. Показаны 2 хромосомы в нейроне после рекомбинации:

Промотор - loxP1 - loxP2 - CFP - loxP3 - YFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - YFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - YFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - CFP - loxP6 - YFP

Экспрессируются CFP и YFP, цвет зеленый

Всего возможно 6 разных цветов

Вариант 2

Для того, чтобы детально изучить работу мозга, важно установить, как нервные клетки связаны друг с другом, построить подробную карту нервных связей. Совокупность всех нервных связей в мозге называется коннектом. Одним из способов визуализации нервных клеток является флуоресцентная микроскопия.



Флуоресценция — процесс перехода молекулы при освещении в возбужденное состояние, а затем из возбужденного состояния в исходное с испусканием света. При этом длина волны возбуждающего света, как правило, меньше, чем испускаемого. Это явление характерно для многих биологических соединений. В частности, у медузы есть специальный флуоресцирующий белок, который при освещении синим светом испускает зеленый свет. Его и другие подобные белки широко используют в биологических экспериментах для того, чтобы получить изображения выбранных структур или отдельных клеток. Так, если в клетку генноинженерным способом встроить ген такого флуоресцирующего белка, то этот белок будет экспрессироваться и клетка будет видна в конфокальный флуоресцентный микроскоп при освещении светом в области поглощения.

Возьмем набор таких флуоресцентных белков (на самом деле их больше):

CFP максимум поглощения света при длине волны 433 нм, флуоресценция – при 475 нм

GFP максимум поглощения 475 нм, флуоресценция 509 нм

YFP максимум поглощения 513 нм, флуоресценция 527 нм

OFP максимум поглощения 543 нм, флуоресценция 567 нм

RFP максимум поглощения 587 нм, флуоресценция 610 нм

1. Как расшифровывается название белка RFP? (2 балла)

- а. Red Fly Protein – белок красной мухи
- б. Rapid Fusion Protein – белок быстрого слияния
- в. Red Fluorescent Protein – красный флуоресцентный белок
- г. Raspberry Flavored Pie – пирог со вкусом малины

2. В какие цвета окрасятся клетки, экспрессирующие белок RFP, если мы посмотрим на них во флуоресцентный микроскоп? А каким светом нужно осветить эти клетки, чтобы мы их увидели? (2 балла)

- а. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в синей области спектра
 - б. Клетки окрасятся в синий цвет при освещении в зеленой области спектра
 - в. Клетки окрасятся в красный цвет при освещении в желтой области спектра
 - г. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в красной области спектра
3. Однако, если мы встроим в геном всех клеток один и тот же флуоресцентный белок, все они окрасятся одинаковым цветом и мы не отличим одну клетку от другой. А если сделать так, чтобы разные клетки одного организма (например, нейроны мозга плодовой мушки) светились разными цветами?

Сделаем генетические конструкции, состоящие из промотора и нескольких генов флуоресцентных белков, например RFP, YFP и CFP. Между собой все гены белков разделены особыми короткими последовательностями семейства loxPn таким образом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - stop - loxP1 - RFP - loxP2 - YFP - loxP3 - CFP

Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - stop - loxP4 - RFP - loxP5 - YFP - loxP6 - CFP

Промотор — активирует транскрипцию ближайшего к нему гена.

Stop — сигнал остановки транскрипции.

Эти конструкции вводят в геном линии плодовых мушек и выделяют линию с генотипом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - stop - loxP1 - RFP - loxP2 - YFP - loxP3 - CFP

Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - stop - loxP4 - RFP - loxP5 - YFP - loxP6 - CFP

Существует также фермент Cre-рекомбиназа, который взаимодействует только с 2 идентичными loxP-сайтами, располагает их параллельно и сонаправлено (в одном направлении) и осуществляет вырезки или инверсии ДНК между ними. Чтобы произошла рекомбинация, две молекулы Cre, связавшиеся с одним сайтом loxP, должны встретиться с двумя другими молекулами Cre, связанными с другим таким же сайтом loxP (т. е. loxP1-loxP1 и т. д.). Сайты loxP при этом располагаются в одном направлении. Это приведет к разрезанию сайтов loxP посередине и обмену получившимися концами. (Последовательность loxP может быть расположена слева направо или наоборот, зеркально справа налево, но в нашей конструкции все loxP-сайты сонаправлены).

Конструкцию, позволяющую экспрессировать Cre-рекомбиназу, вводят полученной линии плодовых мушек.

Рассмотрим мозг взрослых мух под микроскопом.

- 3.1. **Что произойдет, если Cre-рекомбиназа не работает (или мы взяли только линию мушек со встроенной конструкцией и без Cre-рекомбиназы)? Какими цветами будут светиться нейроны этих мушек? (2 балла)**
- 3.2. **Какой набор генов можно получить у взрослых мушек с активной Cre-рекомбиназой? (2 балла)**
- 3.3. **Можно ли получить нейроны, светящиеся фиолетовым цветом? Если да, то какой у них будет генотип? Сколько разных цветов флуоресценции нейронов можно получить? (2 балла)**

Всего – 10 баллов

Решение варианта 2

1. Red Fluorescent Protein – красный флуоресцентный белок
2. в. Клетки окрасятся в красный цвет при освещении в желтой области спектра
3.
 - 3.1. Флуоресцентные белки не будут экспрессироваться, т. к. транскрипция будет остановлена последовательностью Stop
 - 3.2. Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - stop - loxP1 - RFP - loxP2 - YFP - loxP3 - CFP (если рекомбиназа не сработала, такое тоже может быть)
Промотор- loxP1 RFP- loxP2-YFP - loxP3 – CFP
Промотор - loxP1 - loxP2 - YFP - loxP3 – CFP
Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 - CFP .
Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - stop - loxP4 - RFP - loxP5 - YFP - loxP6 – CFP
Промотор - loxP4 - RFP - loxP5 - YFP - loxP6 – CFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - YFP - loxP6 – CFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 - CFP
 - 3.3. Показаны 2 хромосомы в нейроне после рекомбинации:

Промотор - loxP1 - RFP - loxP2 - YFP - loxP3 - CFP
Промотор - loxP4 - loxP5 - loxP6 – CFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - loxP3 – CFP
Промотор - loxP4 - RFP - loxP5 - YFP - loxP6 – CFP

Экспрессируются RFP и CFP, цвет фиолетовый

Всего возможно 6 разных цветов.

Вариант 3

Для того, чтобы детально изучить работу мозга, важно установить, как нервные клетки связаны друг с другом, построить подробную карту нервных связей. Совокупность всех нервных связей в мозге называется коннектом. Одним из способов визуализации нервных клеток является флуоресцентная микроскопия.



Флуоресценция — процесс перехода молекулы при освещении в возбужденное состояние, а затем из возбужденного состояния в исходное с испусканием света. При этом длина волны возбуждающего света, как правило, меньше, чем испускаемого. Это явление характерно для многих биологических соединений. В частности, у медузы есть специальный флуоресцирующий белок, который при освещении синим светом испускает зеленый свет. Его и другие подобные белки широко используют в биологических экспериментах для того, чтобы получить изображения выбранных структур или отдельных клеток. Так, если в клетку генноинженерным способом встроить ген такого флуоресцирующего белка, то этот белок будет экспрессироваться и клетка будет видна в конфокальный флуоресцентный микроскоп при освещении светом в области поглощения.

Возьмем набор таких флуоресцентных белков (на самом деле их больше):

CFP максимум поглощения света при длине волны 433 нм, флуоресценция – при 475 нм
GFP максимум поглощения 475 нм, флуоресценция 509 нм
YFP максимум поглощения 513 нм, флуоресценция 527 нм
OFP максимум поглощения 543 нм, флуоресценция 567 нм
RFP максимум поглощения 587 нм, флуоресценция 610 нм

1. Как расшифровывается название белка OFP? (2 балла)

- а. Orange Firefly Protein – оранжевый белок светлячка
- б. Octopus Fluorescent Points – флуоресцентные пятна осьминога
- в. Orange Fluorescent Protein – оранжевый флуоресцентный белок
- г. Orange Flavored Pie — пирог со вкусом апельсина

2. В какие цвета окрасятся клетки, экспрессирующие белок OFP, если мы посмотрим на них во флуоресцентный микроскоп? А каким светом нужно осветить эти клетки, чтобы мы их увидели? (2 балла)

- а. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в синей области спектра
- б. Клетки окрасятся в синий цвет при освещении в зеленой области спектра
- в. Клетки окрасятся в оранжевый цвет при освещении в зеленой области спектра
- г. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в оранжевой области спектра

3. Однако, если мы встроим в геном всех клеток один и тот же флуоресцентный белок, все они окрасятся одинаковым цветом и мы не отличим одну клетку от другой. А если сделать так, чтобы разные клетки одного организма (например, нейроны мозга плодовой мушки) светились разными цветами?

Сделаем генетическую конструкцию, состоящую из промотора и генов флуоресцентных белков, например OFP и GFP. Между собой все гены белков разделены особыми короткими последовательностями семейства loxPn таким образом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

Промотор — активирует транскрипцию ближайшего к нему гена.

Stop — сигнал остановки транскрипции.

Эту конструкцию вводят в геном линии плодовых мушек и выделяют гомозиготную линию с генотипом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

Существует также фермент Cre-рекомбиназа, который взаимодействует только с 2 идентичными loxP-сайтами, располагает их параллельно и сонаправлено (в одном направлении) и осуществляет вырезки или инверсии ДНК между ними. Чтобы произошла рекомбинация, две молекулы Cre, связавшиеся с одним сайтом loxP, должны встретиться с двумя другими молекулами Cre, связанными с другим таким же сайтом loxP (т. е. loxP1-loxP1 и т. д.). Сайты loxP при этом располагаются в одном направлении. Это приведет к разрезанию сайтов loxP посередине и обмену получившимися концами. (Последовательность loxP может быть расположена слева направо или наоборот, зеркально справа налево, но в нашей конструкции все loxP-сайты сонаправлены).

Конструкцию, позволяющую экспрессировать Cre-рекомбиназу, вводят в геном другой линии плодовых мушек. Эти линии скрещивают, и у потомков имеется и ген Cre-рекомбиназы, и встроенная конструкция.

Рассмотрим мозг потомков этого скрещивания под микроскопом.

- 3.1. **Что произойдет, если Cre-рекомбиназа не работает (или мы взяли только линию мушек со встроенной конструкцией и без Cre-рекомбиназы)? Какими цветами будут светиться нейроны этих мушек? (2 балла)**
- 3.2. **Какой набор генов можно получить у мушек с активной Cre-рекомбиназой? (2 балла)**
- 3.3. **А сколько разных цветов флуоресценции нейронов можно получить у взрослых мушек? (2 балла)**

Решение варианта 3

1. в. Orange Fluorescent Protein – оранжевый флуоресцентный белок
2. в. Клетки окрасятся в оранжевый цвет при освещении в зеленой области спектра.
3.
 - 3.1. Флуоресцентные белки не будут экспрессироваться, т. к. транскрипция будет остановлена последовательностью Stop
 - 3.2. На разных последовательностях loxPn рекомбиназа будет работать независимо. Таким образом получим хромосомы с конструкцией:

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP (если рекомбиназа не сработала, такое тоже может быть)

Промотор - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - GFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

- 3.3. Представленные выше генотипы соответствуют таким цветам (О – оранжевый, G – зеленый):

О Промотор - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

G Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

О Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

G Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - GFP

ОО Промотор - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - OFP - loxP4 - GFP

GG Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 – GFP

OG Промотор - loxP1 - OFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 – GFP

GO Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - OFP - loxP4 – GFP

Можно считать, что цвет ОО будет ярче О, и GG – ярче G, тогда всего будет 5 независимых оттенков — О, ОО, G, GG, OG (скорее всего это будет выглядеть как желтый)

Вариант 4

Для того, чтобы детально изучить работу мозга, важно установить, как нервные клетки связаны друг с другом, построить подробную карту нервных связей. Совокупность всех нервных связей в мозге называется коннектом. Одним из способов визуализации нервных клеток является флуоресцентная микроскопия.



Флуоресценция — процесс перехода молекулы при освещении в возбужденное состояние, а затем из возбужденного состояния в исходное с испусканием света. При этом длина волны возбуждающего света, как правило, меньше, чем испускаемого. Это явление характерно для многих биологических соединений. В частности, у медузы есть специальный флуоресцирующий белок, который при освещении синим светом испускает зеленый свет. Его и другие подобные белки широко используют в биологических экспериментах для того, чтобы получить изображения выбранных структур или отдельных клеток. Так, если в клетку генноинженерным способом встроить ген такого флуоресцирующего белка, то этот белок будет экспрессироваться и клетка будет видна в конфокальный флуоресцентный микроскоп при освещении светом в области поглощения.

Возьмем набор таких флуоресцентных белков (на самом деле их больше):

CFP максимум поглощения света при длине волны 433 нм, флуоресценция – при 475 нм

GFP максимум поглощения 475 нм, флуоресценция 509 нм

YFP максимум поглощения 513 нм, флуоресценция 527 нм

OFP максимум поглощения 543 нм, флуоресценция 567 нм

RFP максимум поглощения 587 нм, флуоресценция 610 нм

1. Как расшифровывается название белка YFP? (2 балла)

- а. Yellow Frog Protein – белок желтой лягушки
- б. Yellow Fluorescent Protein – желтый флуоресцентный белок
- в. Yeast Fusion Peptide – пептид слияния дрожжей
- г. Yummy Fresh Pudding – вкусный свежий пудинг

2. В какие цвета окрасятся клетки, экспрессирующие белок YFP, если мы посмотрим на них во флуоресцентный микроскоп? А каким светом нужно осветить эти клетки, чтобы мы их увидели? (2 балла)

- а. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в синей области спектра
- б. Клетки окрасятся в синий цвет при освещении в зеленой области спектра
- в. Клетки окрасятся в желтый цвет при освещении в зеленой области спектра
- г. Клетки окрасятся в зеленый цвет при освещении в красной области спектра

3. Однако, если мы встроим в геном всех клеток один и тот же флуоресцентный белок, все они окрасятся одинаковым цветом и мы не отличим одну клетку от другой. А если сделать так, чтобы разные клетки одного организма (например, нейроны мозга плодовой мушки) светились разными цветами?

Сделаем генетическую конструкцию, состоящую из промотора и нескольких генов флуоресцентных белков, например YFP, GFP, CFP и RFP. Между собой все гены белков разделены особыми короткими последовательностями семейства loxPn таким образом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

Промотор – активирует транскрипцию ближайшего к нему гена.
Stop – сигнал остановки транскрипции.

Эту конструкцию вводят в геном линии плодовых мушек и выделяют гомозиготную линию с генотипом:

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

Существует также фермент Cre-рекомбиназа, которая взаимодействует только с 2 идентичными loxP-сайтами, располагает их параллельно и сонаправлено (в одном направлении) и осуществляет вырезки или инверсии ДНК между ними. Чтобы произошла рекомбинация, две молекулы Cre, связавшиеся с одним сайтом loxP, должны встретиться с двумя другими молекулами Cre, связанными с другим таким же сайтом loxP (т. е. loxP1-loxP1 и т. д.). Сайты loxP при этом располагаются в одном направлении. Это приведет к разрезанию сайтов loxP посередине и обмену получившимися концами. (Последовательность loxP может быть расположена слева направо или наоборот, зеркально справа налево, но в нашей конструкции все loxP-сайты сонаправлены).

Конструкцию, позволяющую экспрессировать Cre-рекомбиназу, вводят в геном другой линии плодовых мушек. Эти линии скрещивают, и у потомков имеется и ген Cre-рекомбиназы, и встроенная конструкция.

Рассмотрим мозг потомков этого скрещивания под микроскопом.

- 3.1. **Что произойдет, если Cre-рекомбиназа не работает (или мы взяли только линию мушек со встроенной конструкцией и без Cre-рекомбиназы)? Какими цветами будут светиться нейроны этих мушек? (2 балла)**
- 3.2. **Какой набор генов можно получить у мушек с активной Cre-рекомбиназой? (2 балла)**
- 3.3. **А сколько разных цветов флуоресценции нейронов можно получить у взрослых мушек? (2 балла)**

Всего – 10 баллов

Решение варианта 4

1. Yellow Fluorescent Protein – желтый флуоресцентный белок
2. в. Клетки окрасятся в желтый цвет при освещении в зеленой области спектра
3.
 - 3.1. Флуоресцентные белки не будут экспрессироваться, т. к. транскрипция будет остановлена последовательностью Stop
 - 3.2. Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP (если рекомбиназа не сработала, такое тоже может быть)

Промотор - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 – RFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 – RFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - CFP - loxP4 – RFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 – RFP

Промотор - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - CFP - loxP4 – RFP

Промотор - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 – RFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - CFP - loxP4 – RFP

Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - RFP

3.3. Представленные выше генотипы соответствуют таким цветам (Y — желтый, G — зеленый, C — синий, R — красный):

Y Промотор - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

G Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - stop - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

C Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

R Промотор - loxP1 - loxP2 - stop - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - RFP

YC Промотор - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

YR Промотор - loxP1 - YFP - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - RFP

GC Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - CFP - loxP4 - RFP

GR Промотор - loxP1 - loxP2 - GFP - Промотор - loxP3 - loxP4 - RFP

Всего будет 8 независимых оттенков — Y, G, C, R, YC (зеленый, скорее всего, другого оттенка, чем G), YR (оранжевый), GC (сине-зеленый), GR (желтый, другого оттенка, чем Y).