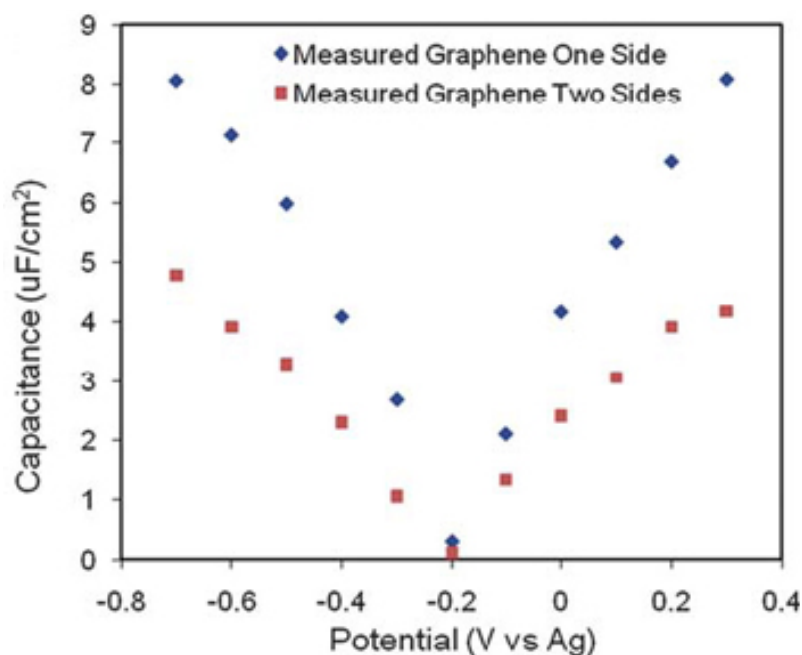


**Решения задач отборочного тура
VI Всероссийской Интернет - олимпиады
"Нанотехнологии - прорыв в будущее"
по комплексу предметов
"математика, физика, химия, биология"
для 9-11 классов**

1. График и таблица (математика)

Одно из наиболее интересных применений графена связано с разработкой на его основе суперконденсаторов. В устройствах такого типа накопление энергии происходит в результате разделения зарядов различного знака в небольшом слое, разделяющем электрод и электролит. При этом плотность энергии, которая может быть накоплена в суперконденсаторе, определяется удельной электрической емкостью двойного слоя. Графен, сочетающий хорошую электропроводность с рекордной удельной поверхностью, является идеальным кандидатом на использование в качестве материала электрода в подобных системах. Поэтому в работах зарубежных ученых все чаще изучается ёмкость графена. Так, в одной из работ эксперимент проводился для листа графена на подложке (то есть для одной стороны) и для подвешенного листа графена (для двух сторон).



Часто встречавшийся уже в задачах предыдущих олимпиад пресловутый и вездесущий экспериментатор Вася, увидев, что в статье есть только график зависимости (график показан выше, но он не очень-то и нужен сейчас для решения задачи), но отсутствует таблица, по которой график был построен, решил восстановить результаты измерений. К сожалению, в некоторых местах Вася перепутал, какое значение соответствует односторонней конфигурации, а какое — двусторонней.

Найдите все такие места и в ответе укажите номера строк в таблице, в которых перепутаны значения (2 балла).

№	Разность потенциалов	Двусторонняя конфигурация	Односторонняя конфигурация
1	-0.7	4.8	8.1
2	-0.6	3.9	7.1
3	-0.5	6.0	3.3
4	-0.4	2.3	4.1
5	-0.3	1.1	2.7
6	-0.2	0.1	0.3
7	-0.1	1.3	2.1
8	0.0	4.2	2.4
9	0.1	3.1	5.3
10	0.2	6.7	3.9
11	0.3	4.2	8.1

Пояснения к решению: По графику видно, что двусторонней конфигурации всегда соответствует меньшая разность потенциалов, чем односторонней. Поэтому ошибки в строках №№3, 8 и 10.

2. Время в наномире (математика)



Период малых колебаний маятника длиной L можно найти по формуле

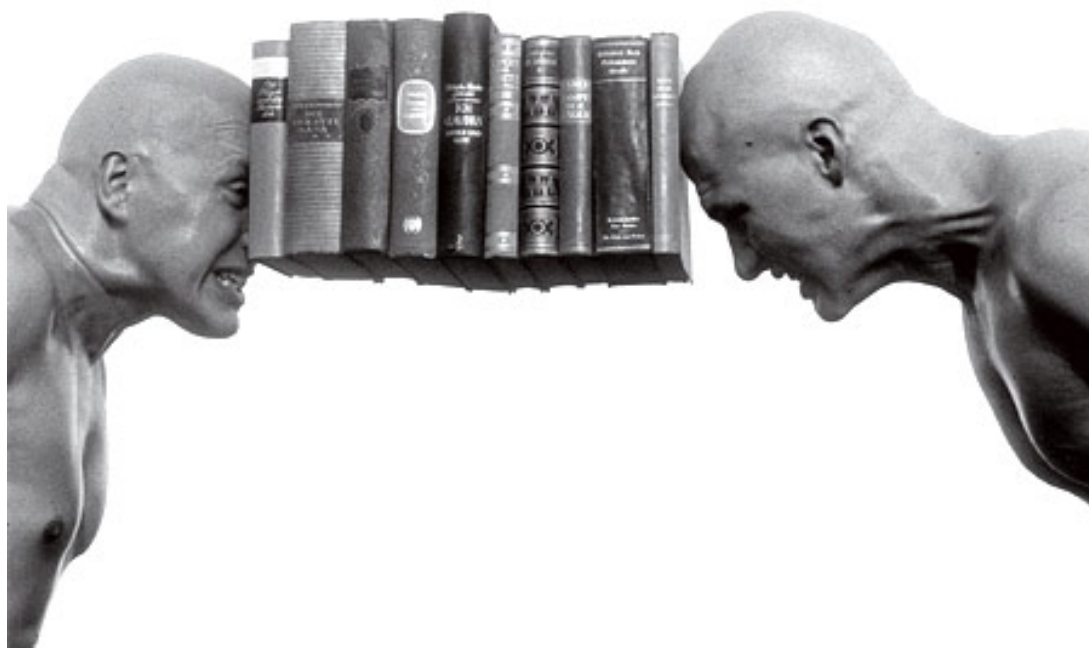
$$T = 2\pi\sqrt{L/g}$$

где g — ускорение свободного падения. Как известно, для маятника длиной 1 м эта величина очень близка к 2 секундам. В XVIII веке это даже предлагали считать определением метра.

Вычислите период колебаний стержня длиной 160 нанометров с закрепленным концом, к другому концу которого прикреплена частица золота диаметром 5 нм (2 балла). Массой стержня пренебречь.

Пояснения к решению: Поскольку размеры частицы золота малы по сравнению с длиной стержня, можно заменить частицу золота материальной точкой, расположенной в центре частицы, то есть на расстоянии $160+5*0,5=162,5$ нм от точки крепления стержня. Подставляя в формулу $l=162,5$ нм, $\pi \approx 3,14$ и $g \approx 9,8$ м/с², получаем $T \approx 8,0867364 \cdot 10^{-4}$ с $\approx 0,8$ мс.

3. Мнения экспертов (математика)



Три исследовательских лаборатории разработали три материала для троса космического лифта: А, В и С. Троим экспертам предложили высказать своё мнение о перспективности этих материалов. Эксперты пришли к следующим выводам:

Первый эксперт:

Материал В — не самый перспективный.

Второй эксперт:

Материал А более перспективен, чем материал В.

Третий эксперт:

Материал А более перспективен, чем материал С.

В 2020 году выяснилось, что из трёх экспертов ошибся только один.

Какой из трёх материалов в действительности является самым перспективным? Ответ обоснуйте (2 балла).

Пояснения к решению: Разберём все возможные случаи.

Ошибся 1-й эксперт

Из утверждений второго и третьего экспертов следует, что материал А перспективнее как материала В, так и материала С, то есть является самым перспективным. Но это означает, что первый эксперт был прав. Следовательно, этот случай невозможен.

Ошибся 2-й эксперт

Поскольку 2-й эксперт неправ, а 3-й прав, материал А перспективнее материала С, но менее перспективен, чем материал В. Значит, материал В — самый перспективный, и первый эксперт ошибся. Но по условию ошибся только один эксперт, значит этот случай тоже невозможен.

Ошибся 3-й эксперт

Поскольку 2-й эксперт прав, а 3-й неправ, материал А перспективнее материала В, а материал С перспективнее материала А. Значит, С — самый перспективный, затем А, и на последнем месте В. Это согласуется с мнением первого эксперта. Значит, этот случай возможен.

Итак, из трёх случаев возможен только один. Значит, наиболее перспективен материал С.

4. Изготовление фуллеренов (математика)



Первого июля завод приступил к выполнению заказа на производство крупной партии фуллеренов, задействовав для этого все имеющиеся 90 установок. Кроме того, завод заказал 30 новых установок для производства фуллеренов, которые работают в 2 раза эффективнее старых. Новые

установки должны поступить 7-го июля. С 8-го июля завод планирует использовать как новые, так и старые установки. Выполнение заказа планируется завершить к вечеру 28-го июля.

Сколько дней уйдёт на выполнение заказа, если завод не получит новые установки (2 балла)?

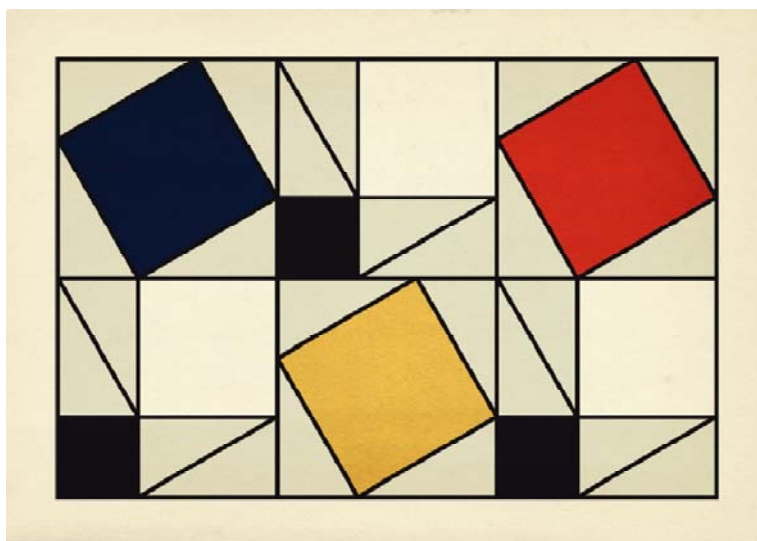
Пояснения к решению: Пусть старая установка может изготавливать n фуллеренов в неделю. Выразим через n объём заказа.

Старые установки будут работать все 4 недели. Каждая из них изготовит $4n$ фуллеренов, поэтому все они изготовят $90 \cdot 4n = 360n$ фуллеренов.

Новые установки будут работать 3 недели. Каждая из них изготовит по $2 \cdot 3n = 6n$ фуллеренов, поэтому все они изготовят $30 \cdot 6n = 180n$ фуллеренов.

Поэтому общий объём заказа составляет $360n + 180n = 540n$ фуллеренов. Если будут работать только старые установки, то на выполнение заказа уйдёт $540n / 90n = 6$ недель, то есть $7 \cdot 6 = 42$ дня.

5. Теорема Пифагора (математика)

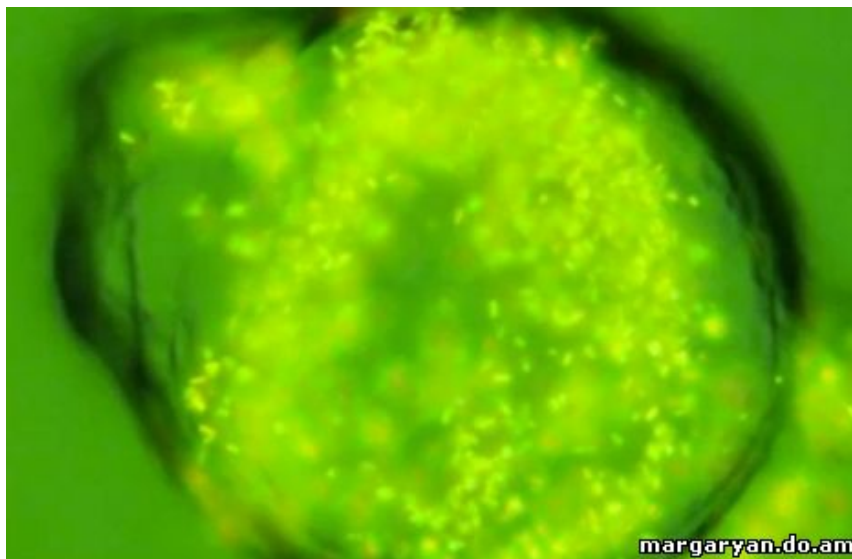


Учёные собираются сложить из нанотрубок прямоугольный треугольник. Они планируют использовать 12 нанотрубок длиной 200 нм.

Получится ли у них (1 балл, ответ обоснуйте)? Если да, каковы будут длины сторон прямоугольного треугольника (2 балла)?

Пояснения к решению: Да, получится. Например, они могут сложить треугольник со сторонами 3, 4 и 5 нанотрубок, то есть $3 \cdot 200 = 600$, $4 \cdot 200 = 800$ и $5 \cdot 200 = 1\ 000$ нанометров.

6. Тайное становится явным (физика, 10 - 11 класс)



В последнее время начали появляться статьи в лучших зарубежных (пока) журналах, которые связаны с исследованием процессов, происходящих в живых клетках без их разрушения, что впервые достигается за счет использования как современных оптических методов анализа (например, спектроскопии комбинационного рассеяния), так и наночастиц благородных металлов (золота, в основном), тем или иным образом захваченных клеткой и находящихся внутри нее (кстати, эти же наночастицы могут использоваться не только для диагностики, но и для лечения на клеточном уровне). К сожалению, при "погружении" наночастиц вглубь клетки оптический отклик часто практически исчезает, поэтому важно знать, как наночастицы "оседают" внутри клеток. Разумеется, это очень сложный процесс, поскольку клетка не есть капля чистой воды, окруженная оболочкой. Тем не менее, для простоты давайте рассмотрим именно такую упрощенную физическую модель. То есть предположим условно, что у нас есть живая клетка сферической формы диаметром 10 микрон, внутри которой находится наночастица золота.

Оцените размер этой наночастицы при условии, что она оседает с постоянной скоростью с самого "верха" "на дно" клетки за 10 часов (6 баллов).

Примечание: учтите, что как только наночастица начнет оседать, на нее будет дополнительно к остальным силам действовать сила вязкого трения, определяемая формулой Стокса:

$$F_{\text{тр}} = -6\pi\eta rV,$$

здесь r – радиус наночастицы, V — скорость оседания наночастицы, а η – динамическая вязкость воды (равная 10^{-3} Па·с). Плотность золота – 19 621 кг/м³, а плотность воды ρ_0 , конечно, помните сами.

Пояснения к решению:

На неподвижную наночастицу будут действовать две силы: сила тяжести mg , где g — ускорение свободного падения, m — масса наночастицы, и сила Архимеда $\rho_w g V$, где ρ_w — плотность воды, а V — объем наночастицы. Как только наночастица начнет оседать, на нее будет действовать сила вязкого трения, определяемая формулой Стокса:

$$F_{тр} = -6\pi\eta r v, \quad (1)$$

здесь r — радиус наночастицы, а η — динамическая вязкость воды (равная 10^{-3} Па·с). Скорость оседания постоянна и равна отношению "размера" наночастицы и времени оседания (не забудьте выразить все в единых единицах, СИ). С учетом того, что $m = \rho V$, а $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, получаем из второго закона Ньютона:

$$\frac{4}{3}\pi\rho g r^3 - \frac{4}{3}\pi\rho_w g r^3 - 6\pi\eta r v = 0, \quad (2)$$

где ρ — плотность материала наночастицы. Преобразуя (2), а также вводя обозначение $\Delta\rho = \rho - \rho_w$, находим значение радиуса r :

$$r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\Delta\rho g}} = 2.7 \text{ нм}. \quad (3)$$

7. Наночастица и пузырь (физика, 9 - 11 класс)



Гидрофобные или частично гидрофобные наночастицы не полностью смачиваются водой, поэтому рядом с ними может образовываться воздушный пузырь. Это явление гипотетически может быть использовано и на практике — при флотационном разделении частиц, для создания контрастов в ультразвуковой медицинской диагностике, при проведении синтеза наночастиц на границах раздела фаз и пр.

Оцените долю гидрофобной поверхности наночастицы кремния, достаточной для того, чтобы указанная система наночастица – пузырь могла сколь угодно долго плавать в воде. Радиус наночастицы r равен 100 нм. Удельная поверхностная энергия на границе кремний – воздух равна 40 Н/м^2 (8 баллов). На всякий случай, плотность кремния равна 2330 кг/м^3 .

Пояснения к решению:

Поскольку только часть поверхности гидрофобна, сила взаимодействия пузыря и наночастицы ограничена, поэтому слишком большой пузырь будет оторван силой Архимеда от наночастицы. Оценим величину κ , при которой пузырь все еще не отрывается от наночастицы. При этом будем исходить из того, что наночастица неподвижна, т. е. не всплывает и не тонет. В этом случае κ будет минимальной долей гидрофобной поверхности необходимой для поддержания плавучести наночастицы, т. е. наночастица с меньшим κ будет тонуть независимо от размера связанного с ней пузыря.

Итак имеем два уравнения, описывающих данную систему. Вторым закон Ньютона, с учетом того, что наночастица неподвижна:

$$\frac{4}{3}\pi\rho_w gR^3 = \frac{4}{3}\pi\Delta\rho gr^3, \quad (4)$$

здесь R — радиус пузыря, в случае с каплей из жидкости плотностью ρ_{liq} необходимо заменить ρ_w на $(\rho_w - \rho_{liq})$. Максимальная сила сцепления пузыря и нанокристалла равна βS , где β — удельная поверхностная энергия, которую примем равной 40 Н/м^2 , а S — площадь поверхности сцепления. Эта сила в предельном случае равна сумме модулей сил Архимеда, действующей на пузырь вверх, и силы, действующей на наночастицу вниз:

$$\frac{4}{3}\pi\rho_w gR^3 + \frac{4}{3}\pi\Delta\rho gr^3 = 4\pi r^2 \kappa \beta. \quad (5)$$

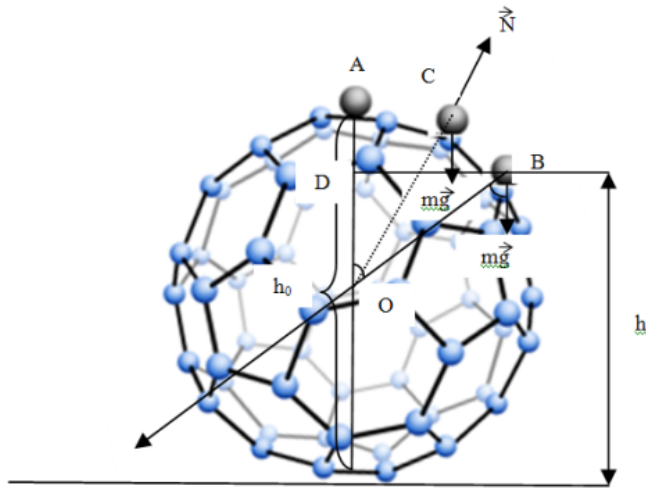
Подставляя уравнения и исключая R , получаем κ :

$$\kappa = \frac{2\Delta\rho gr}{3\beta} = \frac{2 * 1330 * 10 * 10^{-7}}{3 * 40} = 2.2 * 10^{-5}. \quad (6)$$

8. Маленький да удаленький (физика, 9 - 11 класс)

Гипотетически предположим, что на верхушке фуллерена радиусом 0,71 нм лежит тело очень малых, по сравнению с ним, размеров. От очень небольшого толчка тело приходит в движение.

Определить высоту относительно поверхности, на которой лежит сам фуллерен, на которой тело оторвется от поверхности фуллерена (3 балла).



Силой трения тела о поверхность фуллера пренебречь.

Пояснения к решению:

Пусть в точке В происходит отрыв тела от поверхности фуллера. В произвольной точке С на тело действуют две силы: сила тяжести и сила реакции. Обе силы являются консервативными, поэтому механическая энергия тела на

участке АВ постоянна. Запишем закон сохранения энергии для точек А и В:

$$m \times g \times h_0 + m \times V_0^2 / 2 = m \times g \times h + m \times V^2 / 2.$$

Так как $V_0 = 0$ и $h_0 = 2R$, преобразуем равенство:

$$m \times g \times 2 \times R = m \times g \times h + m \times V^2 / 2.$$

В точке отрыва тела от поверхности на его действует только сила тяжести. Воспользуемся вторым законом Ньютона в точке В в проекции на ось ОХ

$$m \times a_{\text{ц}} = m \times g \times \cos \beta$$

$$a_{\text{ц}} = V^2 / R.$$

$$m \times V^2 / R = m \times g \times \cos \beta,$$

Из треугольника ОДВ найдем $\cos \beta$.

$$m \times V^2 / R = m \times g \times ((h - R) / R),$$

$$V^2 = g \times (h - R).$$

$$m \times g \times 2 \times R = m \times g \times h + (m \times g \times (h - R)) / 2,$$

$$h = 5/3R = 1,18 \text{ нм.}$$

Дополнительные 5 баллов можно получить, если объяснить, почему упрощенное решение задачи, предполагавшееся для геометрической модели выше, не имеет вообще никакого отношения к действительности с физической точки зрения.

Рассмотренное решение совершенно не учитывает того факта, что на указанных масштабах расстояний начнут проявляться взаимодействия (хотя бы ван-дер-ваальсовы), которые нелинейно зависят от величины расстояний. Кроме того, никто не отменял тепловые флуктуации, вызывающие спонтанное изменение положения наночастицы, а также другие возможные явления, характерные для наномира и не учитываемые в простых формулах "макроскопической" механики.

9. Игра света (физика, 9 - 11 класс)



Одним из явлений, наблюдаемых в дисперсных системах, является опалесценция, как, например, происходит в известных всем лунных камнях. Рассеяние света наблюдается в том случае, когда длина волны больше размера частиц дисперсной фазы. Если длина световой волны много меньше диаметра частицы, происходит отражение света. Для расчетов обычно используют уравнение Релея, которое описывает зависимость между интенсивностью падающего (I_0) и рассеянного (I_p) света:

$$I_p = 24\pi^2 \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_1^2} \right)^2 \frac{vV^2}{\lambda^4} I_0$$

в этом уравнении n – показатели преломления, λ – длина волны падающего света.

1. Опалесценция определяется интенсивностью рассеянного света. Как изменится интенсивность опалесценции при увеличении длины волны света в 2 раза (1 балл)?
2. Какое явление будет наблюдаться под действием белого света при боковом освещении коллоидных систем и почему (2 балла)?
3. Какие из растворов (высокомолекулярные системы или металлические золи) обладают большей опалесценцией? Почему (3 балла)?

Пояснения к решению:

1. Как видно из уравнения Релея, интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна длине световой волны в четвертой

степени, поэтому при увеличении значения величины λ в два раза интенсивность I_p уменьшится в 16 раз.

2. При опалесценции под действием белого света при боковом освещении бесцветные коллоидные системы обнаруживают синеватую окраску, что связано с различной величиной рассеивания лучей различных длин волн, из которых "сложен" белый свет. В соответствии с уравнением Рэлея более коротковолновое излучение ("синее") рассеивается лучше, что видно "сбоку". Если луч проходит сквозь коллоид, то остается, соответственно, "дополнительный цвет", то есть коллоид кажется "красноватым" на просвет.
3. Опалесценция зелей, особенно металлических, интенсивнее, чем в растворах высокомолекулярных систем, из-за большей плотности и большего показателя преломления дисперсной фазы. К этому также стоит добавить, что из-за особенностей, связанных с плазмонным резонансом металлических наночастиц, закон Рэлея к ним не вполне применим, однако все равно и поглощают, и рассеивают металлические наночастицы лучше.

10. После дождика в четверг (физика, 10 - 11 класс)

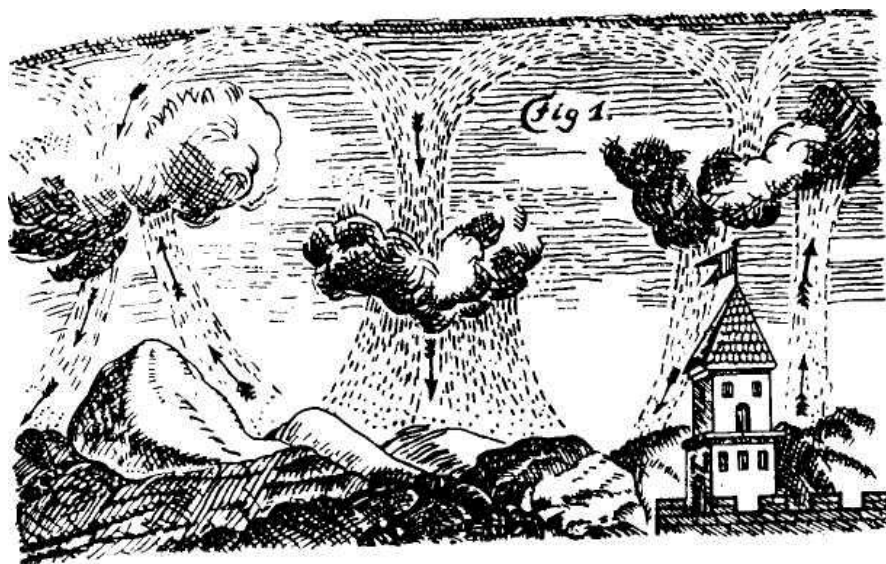
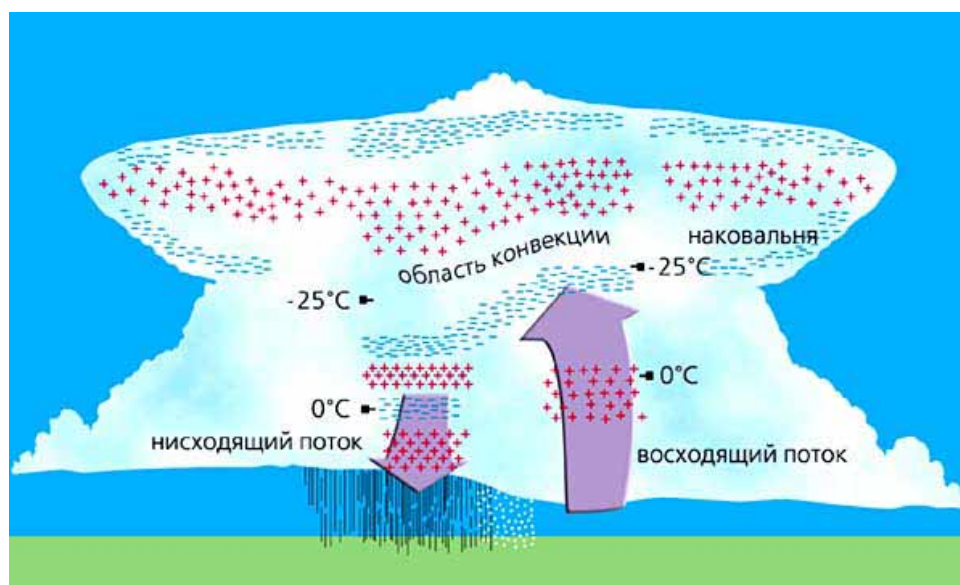


Схема образования вертикальных воздушных потоков в атмосфере. Рисунок М.В.Ломоносова. 1753.

В не такие уж и стародавние времена основателя Московского Университета Михайло Васильевича Ломоносова, 300 – летний юбилей которого широко отмечали в прошлом году, электричеству приписывалась Божественная природа, поэтому и изучение его находилось под запретом официальной церкви. Ломоносов же создал научную теорию атмосферного электричества,

которая вполне соответствует современным взглядам. В своей теории Ломоносов исходил из принципа генерации электрических зарядов в результате относительного движения и трения атмосферных частиц: *«теплота и электрическая сила происходят от трения; теплота требует сильного к движению грубых частиц, электрическая сила – нежного к побуждению тончайших частиц»* (это фактически предположение о существовании электрона почти за двести лет до его открытия). Ломоносов правильно полагал, что электрические заряды, вызывающие грозовые процессы, генерируются в результате встречного движения верхних холодных и нижних более тёплых слоев атмосферы. В своей теории Ломоносов совершенно справедливо полагал, что электрические заряды находятся не только на поверхности грозового облака (так считалось вплоть до конца XIX века), но заполняют весь объём облака: *«распространяясь по облаку, весь оный занимает»*.



Сложная структура грозового облака согласно современным представлениям

Предположим, в грозовом облаке есть отдельная структура, возникшая из потока насыщенного водяным паром воздуха, восходящего вверх от теплой, комнатной температуры, поверхности моря и охладившегося затем до 0°C . Структура состоит из двух расположенных на расстоянии 10 метров друг над другом горизонтальных слоев, содержащих множество одинаковых во всех отношениях капелек диаметром 100 нм каждая. При этом и тот, и другой слой обладают площадью по 1 гектару. Слои заряжены одинаково по величине и противоположно по знаку вплоть до предельного напряжения пробоя воздуха 30 кВ/см.

Сколько капелек воды можно было бы поднять на высоту 200 метров за счет электрической энергии, запасенной в рассматриваемой структуре (3 балла)? Из какой массы воздуха эти капли выделились при охлаждении

(6 баллов)? Какие законы, предложенные М.В.Ломоносовым, демонстрируются этой задачей, ответ поясните (1 балл).

Для справки: $\epsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Плотность воды – 1 г/см^3 . Плотность воздуха при 25°C – 1.18 кг/м^3 , при 0°C – 1.29 кг/м^3 . Давление насыщенного пара воды при 25°C – $23.77 \text{ мм. рт. ст.}$, а при 0°C – $4.585 \text{ мм. рт. ст.}$. Остальные справочные величины, если необходимо, найдите сами. Изменением давления столба воздуха по высоте пренебречь. Диэлектрическую проницаемость воздуха считать равной аналогичной величине для вакуума.

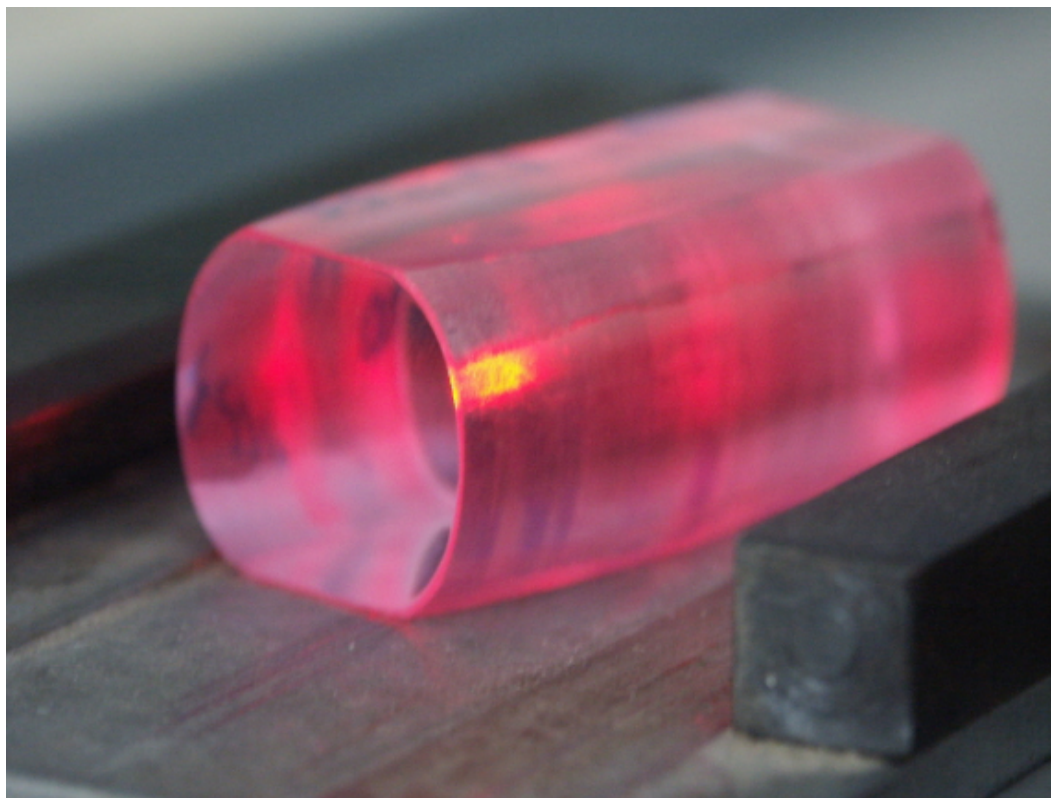
Пояснения к решению:

В задаче ненавязчиво проводится мысль, что мы имеем дело с плоским конденсатором. Разумеется, в природе все гораздо сложнее, но очень упрощенная модель вполне правомерно может полагать, что запасенная энергия такого конденсатора $W = \epsilon_0 \epsilon S U^2 / (2d)$, при этом площадь пластин S (1 гектар), расстояние между ними d (10 метров) указаны в условии явно, а U берется, исходя из того факта, что это максимально возможное напряжение в таком конденсаторе, деленное на расстояние между пластинами, что равно напряжению пробоя (30 кВ/см). Эта энергия, по условию, равна увеличению потенциальной энергии некоторого количества (n) поднятых вверх капель, то есть $n m g h$, где высота $h = 200 \text{ м}$. Масса всех сферических капель одинакова и для каждой из них легко считается с учетом их радиуса и плотности воды, $m = (4/3) \pi r^3 \rho_{\text{H}_2\text{O}}$. Таким образом, $n = (3 \epsilon_0 \epsilon S U_{\text{пробоя}}^2 d) / (8 \pi r^3 \rho_{\text{H}_2\text{O}} g h) = 3.8 \cdot 10^{21}$. Здесь использован универсальный закон сохранения, впервые сформулированный М.В.Ломоносовым.

Сложнее рассчитать массу воздуха, из которой эти многочисленные капли выделяются (предполагается для упрощения, что нужно использовать уравнение состояния идеального газа для смеси газов и паров, составляющих "влажный воздух"). Важно учесть, что пары воды занимают весь объем воздуха, а эту величину можно оценить, зная массу воздуха (ее и нужно найти) и его плотность, что дано в условии. При выделении капель воды масса воздуха (газообразной фазы) уменьшается на массу выделившихся капель, а раз это происходит еще и при другой температуре, то у такого воздуха еще и другая плотность, но это значение специально дано в условии. Таким образом, для двух температур T_1 и T_2 парциальное давление воды $p_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) \cdot m_{\text{возд}} / \rho_{\text{возд}}(T_1) = m_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) \cdot R \cdot T_1 / M_{\text{H}_2\text{O}}$, $p_{\text{H}_2\text{O}}(T_2) \cdot (m_{\text{возд}} - m_{\text{H}_2\text{O}}) / \rho_{\text{возд}}(T_2) = (m_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) - m_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot R \cdot T_2 / M_{\text{H}_2\text{O}}$, где $M_{\text{H}_2\text{O}}$ - молярная масса воды, а $m_{\text{H}_2\text{O}}$ - масса выделившейся в виде капель воды (это другая, жидкая, фаза, для нее неприменимо уравнение идеального газа, а объем пренебрежимо мал по сравнению с окружающим воздухом). Мы имеем 2 уравнения с двумя неизвестными, потому что нам известна из предыдущей части решения суммарная масса выделившихся капель (раз известно их количество и масса каждой): $m_{\text{H}_2\text{O}} = 3.8 \cdot 10^{21} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot (4/3) \cdot 3.14 \cdot (5 \cdot 10^{-8})^3 = 2031 \text{ кг}$

(около двух тонн!). Выразив $m_{H_2O}(T_1)$ из уравнения для первой температуры и подставляя это выражение в уравнение для второй температуры, получаем массу воздуха $m_{возд} = 2031 * (\rho_{H_2O}(T_2)/\rho_{возд}(T_2) - RT_2/M_{H_2O}) / (\rho_{H_2O}(T_2)/\rho_{возд}(T_2) - (T_2/T_1) * \rho_{H_2O}(T_1)/\rho_{возд}(T_1)) = 128435$ кг (более 128 тонн!), надо еще не забывать выразить все величины в системе СИ, а температуру не забыть перевести в температуру по шкале Кельвина.

11. Алюмоиттриевые гранаты (химия, 9 - 11 класс)



Нанокерамика на основе алюмоиттриевых гранатов $Y_3Al_5O_{12}$ используется при создании материалов для современных лазеров, при этом ее необходимо легировать соединениями редкоземельных элементов, например, неодима. Один из методов ее получения заключается в термическом разложении "полимера", представляющего собой густой прозрачный гель. Предварительно исходные порошки оксидов алюминия, иттрия и неодима переводят в нитраты. К раствору смеси нитратов при нагревании добавляют раствор слабой трехосновной кислоты X, используемой в пищевой промышленности. Для синтеза полимера требуется добавить еще один реагент Z (он представляет собой жидкость, неограниченно растворимую в воде и используемую как в быту, так и в производстве пластиковой тары). Образующийся гель переводят в нанокерамику нагреванием в печи при 900°C .

1. Запишите формулу алюмоиттриевого граната, в одном килограмме которого содержится 12 г неодима (1 балл).

2. Что представляет собой реакция между нитратами металлов и кислотой X и к какому типу ее можно отнести (1 балл)?
3. В результате какой реакции образуется полимер? Назовите вещество Z (1 балл).
4. Можно ли заменить кислоту X уксусной кислотой, серной кислотой? Аргументируйте свой ответ (2 балла).
5. Почему нанокерамику не удастся получить простым спеканием оксидов (3 балла)?
6. Каким способом прокаленные оксиды алюминия, иттрия и неодима можно перевести в нитраты (2 балла)?

Пояснения к решению:

1. $Y_{2,95}Nd_{0,05}Al_5O_{12}$
2. X – лимонная кислота H_3Cyt . Это реакция присоединения (комплексообразование). Комплексы имеют состав $[M(H_3Cyt)_3](NO_3)_3$.
3. Полимер образуется в результате реакции поликонденсации – происходит этерификация молекул лимонной кислоты, координированной металлами, и этиленгликоля (вещество Z). Лимонная кислота трехосновна, поэтому часть карбоксильных групп не задействована в координации и может вступать в реакцию с этиленгликолем. Часто в литературе эта "золь - гель" методика называется методом Печини.
4. Уксусная кислота одноосновна, поэтому не может заменить лимонную. Серная кислота сильная, а сульфат-ионы не образуют комплексы с алюминием и иттрием, устойчивые в водных растворах. Серная кислота также не подходит.
5. При спекании оксидов для получения высокоплотной керамики необходимы очень дисперсные порошки с развитой площадью контакта, в этом случае керамика образуется "без пузырьков" и пор, то есть может являться оптически прозрачной.
6. Кристаллический оксид алюминия не реагирует с азотной кислотой из-за прочной кристаллической решетки (корунд). Его необходимо спекать с содой, затем осадить гидроксид алюминия, пропустив углекислый газ, затем нейтрализовать гидроксид азотной кислотой. Оксиды неодима и иттрия растворяют в азотной кислоте, если они не прокаливались при высокой температуре. Возможны и другие варианты "вскрытия" оксидов (переведения их в растворимое состояние).

Использована статья: Д.В. Мамонов, М.Д. Михайлов, К.Г. Севастьянова, А.В. Семенча, А.С. Тверьянович, А.Л. Шахмин, «Синтез нанокристаллических порошков алюмоитриевого граната,

12. Винни-Пух варит стекло (химия, 9 - 11 класс)



Однажды Винни-Пух решил (вместо очередного лопнувшего шарика и оторванного хвоста) приготовить на день рождения ослика Иа красивые окрашенные стекла. «Что надо добавить в воду для получения фиолетового раствора?» – спросил он у друзей. Пятачок посоветовал развести марганцовку. Последовав совету друга, Винни-Пух решил добавить в расплавленное бесцветное стекло порошок перманганата калия. Каково же было его удивление, когда он обнаружил, что стекло и в самом деле приобрело пурпурно-фиолетовый оттенок. Для получения голубого стекла Винни взял синие кристаллы медного купороса, а для получения желтого – желтый порошок сульфида кадмия и селен. Стекло серебристого цвета было получено добавлением в расплав кристаллов нитрата серебра.

К сожалению, эту историю поведала нам мудрая Сова, которая, как всегда, основательно запуталась, называя по памяти цвета некоторых стекол.

Восстановите истину, а также укажите, окраска каких стекол обусловлена наночастицами. Заполните таблицу и поясните Ваше решение (3 балла).

Добавленный реагент	Окраска стекла	Причина окраски
---------------------	----------------	-----------------

KMnO_4		
CuSO_4		
$\text{CdS} + \text{Se}$		
AgNO_3		

Пояснения к решению (возможные варианты):

Добавленный реагент	Окраска стекла	Причина окраски
KMnO_4	Пурпурная, фиолетовая	Ионы Mn^{3+} находящиеся в октаэдре из атомов кислорода. Марганец(III) образуется при разложении перманганата и стабилизируется силикатной матрицей
CuSO_4	голубая	Ионы Cu^{2+} находящиеся в октаэдре из атомов кислорода. Медный купорос разлагается до оксида меди(II). В восстановительной атмосфере возможно восстановление меди до наночастиц меди, которые придают стеклу рубиново-красный цвет с фиолетовым оттенком («медный рубин»)
$\text{CdS} + \text{Se}$	Рубиново-красная	Образуется селеновый рубин – стекло, содержащее наночастицы селенида кадмия в результате реакции $\text{CdS} + \text{Se} = \text{CdSe} + \text{S}$.
AgNO_3	Ярко-желтая	Нитрат серебра разлагается до серебра. Образуется стекло, содержащее наночастицы серебра

13. Наночастицы в пробирке (химия, 9 - 11 класс)



Наночастицы часто совсем не обязательно получать сложными и дорогостоящими методами, их можно получить даже в школе, в пробирке (другое дело, насколько такие наночастицы будут нужны).

Определите состав наночастиц, образующихся при указанных ниже взаимодействиях, очень желательно написать уравнения происходящих реакций и детализировать условия реализации реакций (4 балла).

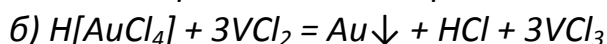
- а) взаимодействие раствора гидроксида бария с мочевиной;
- б) взаимодействие золотой кислоты с хлоридом ванадия (II);
- в) растворение никель-алюминиевого сплава в растворе гидроксида натрия;
- г) взаимодействие раствора тиосульфата натрия с соляной кислотой;
- д) взаимодействие раствора селенита калия с сернистым газом;
- е) взаимодействие соли Мора и красной кровяной соли.

Какие из полученных наночастиц потенциально могут представлять практический интерес? Для чего они нужны? (2 балла)

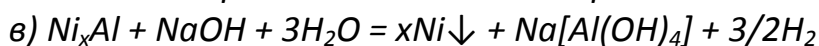
Пояснения к ответу:



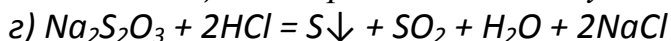
состав: карбонат бария. В данном случае частицы практически не находят практического применения.



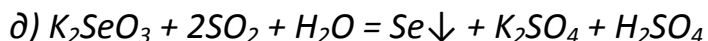
состав: золото. Самые разнообразные применения - от высокочувствительной химической диагностики с помощью оптических методов до фотодинамической терапии злокачественных образований.



состав: никель. Так называемый никель Рэнэя, используемый, например, как катализатор в органическом синтезе. Сейчас применяется редко. Может быть насыщен водородом и поэтому самовоспламеняется на воздухе.



состав: сера. Сера может применяться как лечебная садовая побелка. Кроме того, это один из способов получения серы для лечения кожных заболеваний.

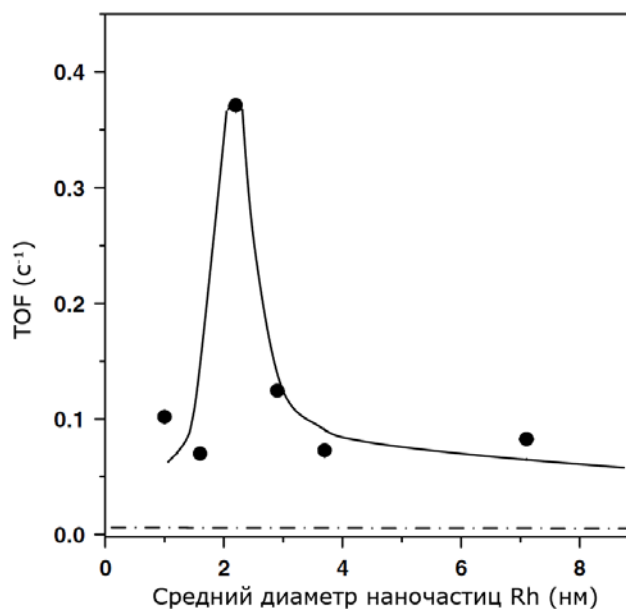


состав: селен. Наночастицы селена сейчас применяют в ветеринарии как источник селена.

е) С солями Fe^{2+} из соли Мора (двойного сульфата железа (II) и аммония) $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ красная кровяная соль $Fe_3[Fe(CN)_6]$ образует темно-синий осадок турнбулевой сини: $4Fe^{2+} + 3[Fe(CN)_6]^{3-} \rightarrow Fe_4^{III}[Fe^{II}(CN)_6]_3 \downarrow$. Ранее считалось, что при этом образуется гексацианоферрат(III) железа(II), то есть $Fe_3^{II}[Fe(CN)_6]_2$, однако сейчас установлено, что

турнбулева синь и берлинская лазурь — одно и то же вещество, а в процессе реакции происходит переход электронов от ионов Fe^{2+} к гексацианоферрат(III) — иону. Это давно применяемый пигмент, а также электрокатализатор, используемый в некоторых моделях глюкометров.

14. Оптимальный размер наночастиц катализатора (химия, 10 - 11 класс)



Зависимость эффективности родиевого катализатора от диаметра его частиц. Точки – эксперимент, сплошная линия – теория. Пунктир показывает эффективность катализатора, находящегося в объемной фазе (McClare et al., 2011).

В газовую смесь H_2 , C_2H_4 и CO при 500 К внесли катализатор – наночастицы родия, нанесенные на поверхность SiO_2 . Зависимость скорости образования продукта реакции (содержит 27.6 масс.% O) от диаметра частиц Rh показана на рисунке. (TOF – мера эффективности катализатора, определяется как число молекул продукта, образовавшихся на одном активном центре за 1 секунду).

1. Напишите уравнение реакции, происходящей в присутствии родия (1 балл).
2. Во сколько раз нанокатализатор оптимального размера эффективнее катализатора, находящегося в объемной фазе (2 балла)?
3. Какое уравнение правильно описывает теоретическую зависимость TOF от диаметра частиц (почему, 2 балла)?

а) $TOF(d) = TOF(0) \cdot e^{-ad^2}$, $a > 0$

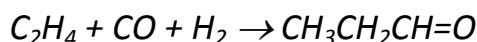
$$\text{б) } \text{TOF}(d) = \text{TOF}(\infty) \cdot \frac{d}{a+d}, a > 0$$

$$\text{в) } \text{TOF}(d) = 2 \cdot \text{TOF}(\infty) \cdot \frac{e^{a/d}}{1+e^{b/d}}, a, b > 0, b > a.$$

4. В этом процессе родий – неселективный катализатор. Среди побочных продуктов преобладает вещество с наибольшей массовой долей водорода. Напишите уравнение реакции его образования (2 балла).

Пояснения к решению:

1. По массовой доле кислорода $\omega(\text{O}) = 0.276$ находим формулу $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. Это может быть альдегид или кетон, но образование кетона требует разрыва двойной связи в C_2H_4 . Основной продукт – пропаналь:

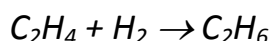


(реакция гидроформилирования).

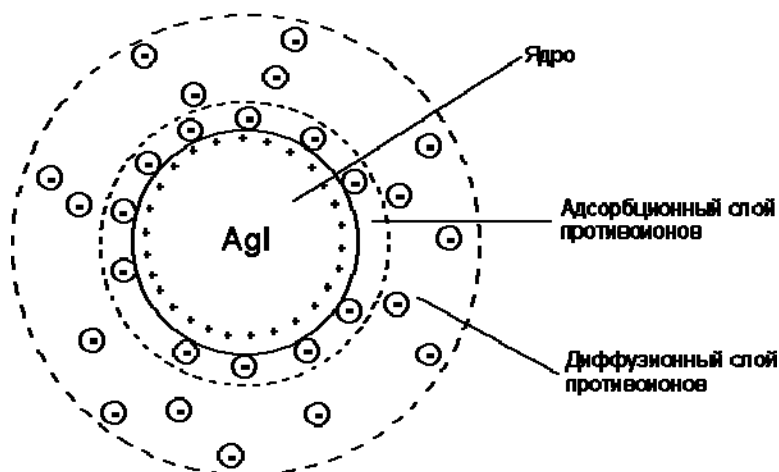
2. Сравним TOF в максимуме кривой и на прямой линии: $0.37 \text{ c}^{-1} / 0.01 \text{ c}^{-1} = 37 \approx 40$ раз.

3. У первой функции максимум имеется только при $d = 0$, что не соответствует теоретической кривой. У второй функции вообще нет максимума, правильный ответ – функция (в).

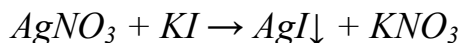
4. Возможные побочные продукты: C_2H_6 , CH_2O , CH_3OH , $\text{CH}_2=\text{CHCHO}$. Полное восстановление CO до CH_4 при 500 K маловероятно. Среди этих продуктов максимальная массовая доля водорода – в C_2H_6 :



15. Постройте сами (химия, 10 - 11 класс)



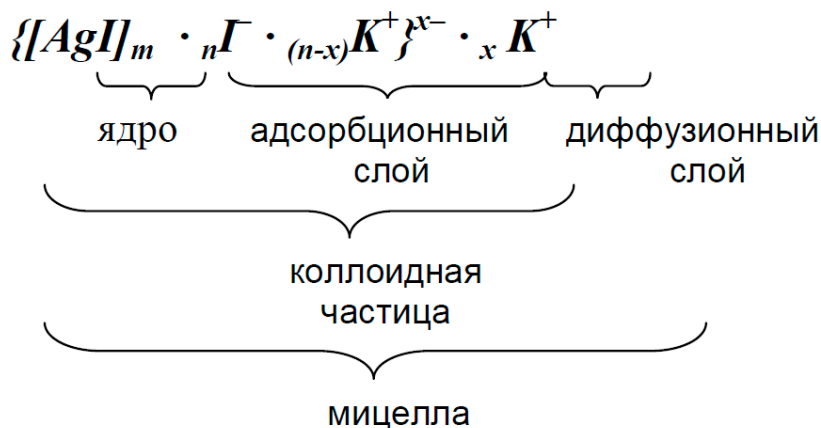
Уникальным нанобъектом являются коллоидные мицеллы – частицы в коллоидных системах. Процесс химического образования частиц дисперсной фазы очень сложен, но упрощенно его можно описать с помощью формулы. Рассмотрим последовательные шаги в составлении формулы мицеллы на примере гидрозоля (стабильные наночастицы в воде) иодида серебра, получаемого взаимодействием разбавленных растворов нитрата серебра и иодида калия (избыток):



1) Коллоидная мицелла состоит из твердых частиц AgI , образующих нанокристалл, который способен к избирательной адсорбции из окружающей среды катионов или анионов, так как реакция проводится в избытке иодида калия, то потенциалопределяющие ионы – анионы Γ : $m[AgI]$.

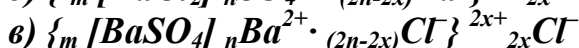
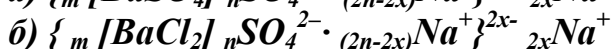
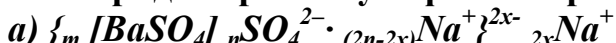
2) Потенциалопределяющие ионы адсорбируются на поверхности ядра; предположим, что для нашего примера их число равно n , образуя адсорбционный слой: $m[AgI] \cdot n\Gamma$.

3) Слой противоионов на поверхности раздела фаз образуют двойной электрический слой. Их общее число так же равно n , однако часть x из них образуют диффузный слой, остальные $(n-x)$ вместе с ядром и потенциалопределяющими ионами составляют гранулу. Часть формулы, относящаяся к грануле мицеллы, заключают в фигурные скобки. Заряд гранулы в данной мицелле равен x^- . Таким образом, формула мицеллы золя хлорида серебра в избытке иодида калия такова:

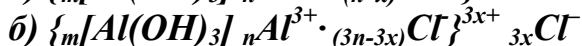
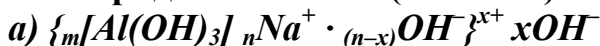


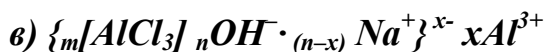
По примеру, описанному выше, выберите правильный вариант строения мицеллы при смешивании растворов и в своем решении объясните сделанный выбор (по 2 балла за каждый вариант):

1. Хлорида бария и сульфата натрия (избыток).

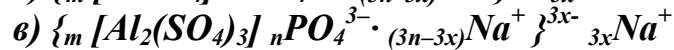
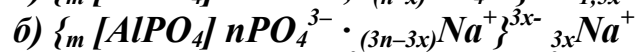
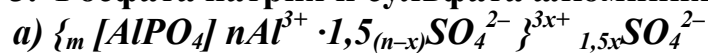


2. Хлорида алюминия (избыток) и гидроксида натрия.

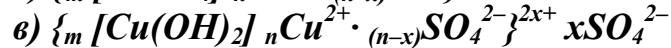
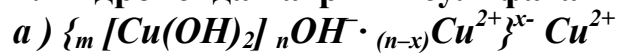




3. Фосфата натрия и сульфата алюминия (избыток).

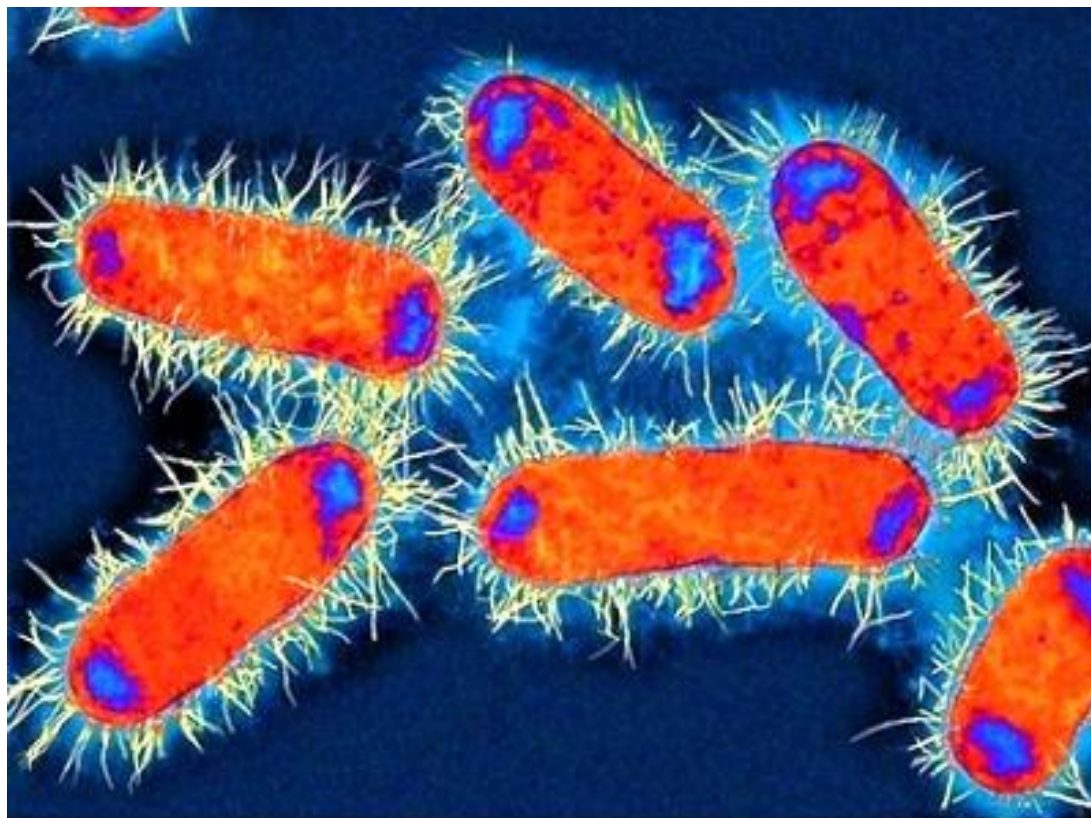


4. Гидроксида натрия и сульфата меди (II) (избыток).



Пояснения к решению: Наиболее разумными кажутся варианты 1. – а), 2. – б), 3. – а), 4. – в).

16. Маленьким быть хорошо! (биология, 9 - 11 класс)



Бактерии – самые многочисленные живые организмы на нашей планете, по количеству превосходящие животных и растений вместе взятых. Живут бактерии практически повсеместно, в воде, воздухе, почве, тканях и органах животных и растений и даже в радиоактивных отходах.

Почему эти маленькие создания так распространились на Земле (1 балл)?

Почему размер бактерий оказался выигрышным по сравнению с большими размерами других живых существ (1 балл)?

Кто относится к прокариотам (1 балл)?

- А. Амеба
- Б. Лямблия
- В. Сине-зеленые водоросли
- Г. Бактериофаги
- Д. Эвглена зеленая
- Е. Клостридии

Ожидаемый ответ в и е.

Что бактерии не могут использовать в качестве строительного материала и для получения энергии? Почему? (2 балла)

- А. Азот
- Б. Углекислый газ
- В. Железо 2+
- Г. Железо 3+
- Д. Восстановленные соединения серы
- Е. Окисленные соединения серы
- Ж. Водород
- З. Серебро
- И. Аммиак
- К. Глюкоза

Ожидаемый ответ г, е, з.

Что является клеточной структурой бактерий (1 балл)? Что относится к внутриклеточным структурам, что к внеклеточным (1 балл)? Назовите функцию каждой структуры (3 балла).

- А. Плазматическая мембрана
- Б. Цитоскелет
- В. Ворсинки
- Г. Жгутики
- Д. Ядро
- Е. ДНК
- Ж. Хромосомы
- З. Капсула
- И. Пилли
- К. Рибосомы
- Л. Хлоросомы
- М. Митохондрии
- Н. Плазида

Ожидаемый ответ: а, б, в, г, е, з, и, к, л, н

Внутриклеточные: б, е, к, л, н, внеклеточные все остальные

Пояснения к решению:

Преимущества маленького размера: (1) в качестве питательных элементов и источника энергии нужно сравнительно мало ресурсов окружающей среды (попробуй-ка прокормить стадо динозавров!); (2) при неблагоприятных условиях можно окружить себя капсулой, превратиться в зиготу и в таком виде дожить до благоприятных дней (для больших организмов приспособиться к плохим условиям гораздо сложнее. Только у некоторых видов животных и растений есть способность уйти в анабиоз, замерзнуть и потом оттаять и т.п.); (3) Генетический аппарат - ДНК в цитоплазме - устроен просто, следовательно, при повреждениях его легче восстановить, чем сложно устроенные хромосомы эукариот; (4) для поддержания простого и маленького бактериального организма нужно совсем мало клеточных структур, точнее, не нужно многих структур, присутствующих у ядерных организмов. Так, нет сложного комплекса, необходимого для деления, а значит, при делении возникает меньше "сбоев" и легче воспроизводить потомство; (5) поскольку нет сложных высокоспециализированных клеток, органов и тканей, то повреждающих факторов у бактерий значительно меньше, чем у эукариот. Это позволяет использовать самые разнообразные источники питательных веществ и энергии и жить в самых сложных условиях.

17. Джедаи – миф или реальность? (биология, 9 - 11 класс)

По замыслу создателей "Звездных воинов", сила джедаев заключалась в повышенном содержании в их клетках мидихлорианов – самостоятельных разумных микроскопических форм жизни, существующих в симбиозе с людьми. Представьте, что это не абстрактные и неизвестные "существа", а какие-то органоиды или клеточные структуры, присутствующие в наших клетках.



Предположите:

- 1. Какие органоиды / клеточные структуры могли бы быть мидихлорианами и почему (2 балла)?**
- 2. Какие метаболические изменения должны сопутствовать повышению количества мидихлорианов (1 балл)?**
- 3. В каких органах, в первую очередь, должны произойти изменения и какие (2 балла)?**

Скорость реакции джедаев - одна из их особенностей.

Оцените, какие клеточные и межклеточные процессы на физиологическом уровне лимитируют скорость реакции человека на какое-то событие (2 балла)? Можно ли каким-нибудь образом ускорить эти процессы (1 балл)?

Симбиоз человеческих клеток с мидихлорианами - сказка, но не столь далекая от правды.

Назовите, какие органоиды по существующей теории эволюции появились в результате симбиоза одних бактерий с другими (1 балл):

- А. ядро**
- Б. ядрышко**
- В. лизосомы**
- Г. митохондрии**
- Д. центриоли**
- Е. хлоропласты**
- Ж. различные вакуоли**

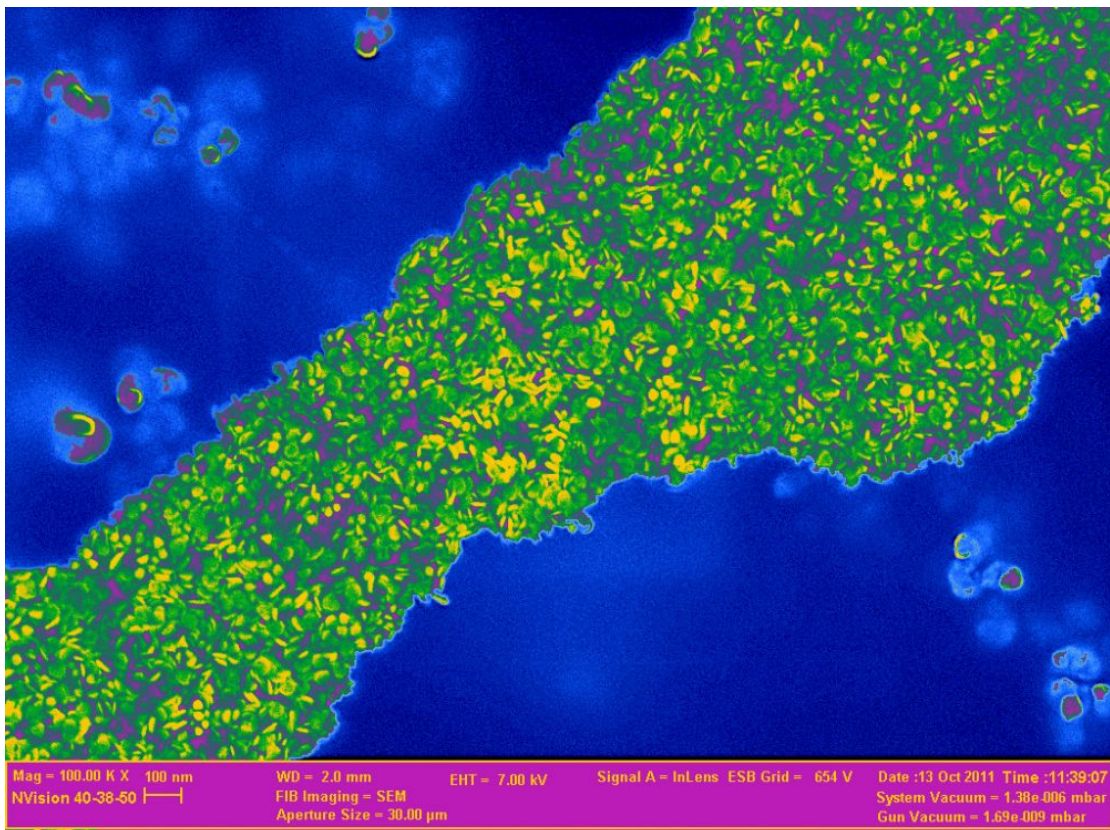
Пояснения к решению:

Можно предположить, что на роль мидихлорианов могли бы претендовать митохондрии и/или транспозоны - мобильные участки генома. Митохондрии вырабатывают "клеточную энергию" - АТФ - и, таким образом, увеличение содержания АТФ в клетках может способствовать более интенсивному протеканию клеточных процессов. Однако увеличение содержания митохондрий должно было бы еще сопровождаться увеличением потребления питательных веществ: белков, углеводов и жиров, а также появлением в клетках дополнительной усиленной системы защиты клеток от активных форм кислорода, образующихся в митохондриях. Также надо было бы обеспечить выведение дополнительного количества продуктов катаболизма. Транспозоны - мобильные элементы генома, способные перемещаться внутри генома. Содержание внутри транспозона белков, кодирующих белки митохондрий, могло бы способствовать увеличению содержания митохондрий в клетках. Органы, в которых в первую очередь,

должны были произойти изменения: нервная, сердечно-сосудистая, мышечная и выделительная системы. На физиологическом уровне реакцию человека на какие-то события лимитируют, прежде всего межклеточная сигнализация (сигнальные молекулы должны выделиться в межклеточное пространство, диффундировать к другим клеткам и попасть на нужные рецепторы, запустив ответ) и синтез необходимых белков, пептидов и образование нужных нейромедиаторов, которые бы быстро расходовались при длительных, но при этом стремительных движениях джедая. Кроме того, нужны были бы дополнительные системы, обеспечивающие восстановление мембран, рецепторов и удаляющие сигнальные молекулы из межклеточных щелей. Естественным способом ускорить эти процессы невозможно, пофантазив, можно предложить способы вроде вживления в мышцы пластинок, пропитанных медиатором или веществом, способствующим восстановлению мембран / рецепторов. удаляющим остатки медиаторов при поступлении специфического сигнала.

Правильный ответ: г, е.

18. Святая вода (биология, 9 - 11 класс)



Давно известно, что если в воду поместить серебряный предмет, то такая вода хранится долго и в ней не размножаются микроорганизмы.

Каковы механизмы бактерицидного действия серебра с точки зрения биологии (1 балл)?

А что можно сказать о бактерицидном действии наночастиц серебра, подобных тем, что показаны на картинке (коллоидных растворов серебра) (1 балл)?

Как может влиять размер наночастиц серебра на их бактерицидное действие и почему (2 балла)?

Почему бактерии могут вырабатывать устойчивость к антибиотикам, а к серебру, как правило, нет (1 балл)?

Является ли серебро необходимым элементом для нормальной жизни здорового человека (1 балл)?

Пояснения к решению: Вариантов механизмов бактерицидного действия серебра много, чем больше вариантов будет в ответе, тем лучше. Наиболее часто встречающиеся. Ионы серебра реагируют с сульфидными группами белков, инактивируют их, блокируют ферменты дыхательной цепи и т.о. вызывают генерацию активных форм кислорода. Ионы серебра могут взаимодействовать с азотистыми основаниями тимина и гуанином молекулы ДНК (например у бактерий, что сопровождается нарушением функций ДНК и тормозит рост и размножение микроорганизмов. Этим, как предполагается, обусловлено бактериостатическое действие серебра). С наличием множественных мишеней действия серебра связано то, что микроорганизмы плохо вырабатывают устойчивость к ионам серебра — никакой отдельной мутацией нельзя избавиться от SH групп на белках. Оказывает бактерицидное действие в виде ионов, т.о. бактерицидная активность и вообще действие на живые клетки увеличивается в ряду: металлическое серебро — коллоидный раствор (наночастицы) — растворимые соли (в пересчете на количество атомов серебра). Чем меньше размер наночастиц, тем больше их поверхность и тем больше ионов серебра диффундирует в раствор, большее бактерицидное действие. На клетки многоклеточных организмов оказывает токсическое действие (может вызвать, например, гемолиз эритроцитов), при одновременном приеме 10 грамм солей серебра вызывает у человека летальный исход, при долговременном поступлении в организм малых доз серебра возникает аргироз. Необходимым элементом не является.

19. Кислородный эффект (биология, 9 - 11 класс)

Проводились исследования влияния рентгеновского излучения, которое в той или иной степени используется учеными - исследователями для изучения наноматериалов, в минимальной летальной дозе на крыс. Из-за халатности лаборанта первая группа крыс несколько дней находилась в

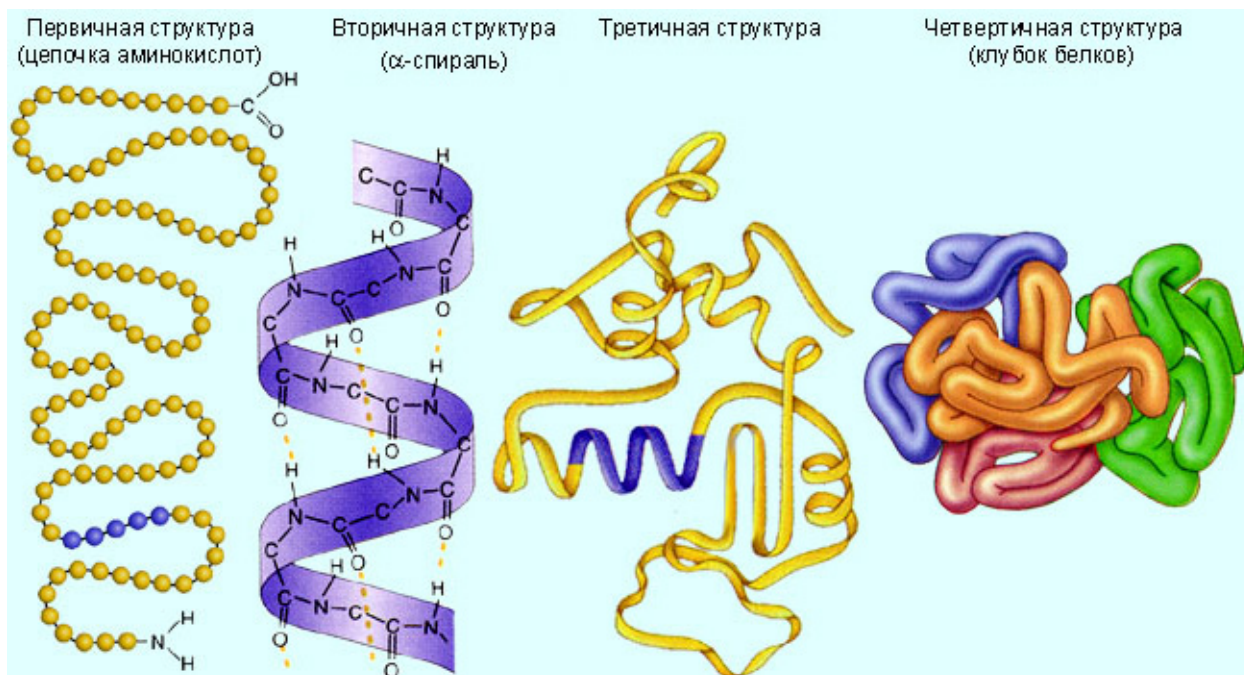
непрветриваемой комнате, а вторая группа в комфортных условиях - в хорошо прветриваемой комнате. Облучение животных проводили в тех же комнатах, в которых они находились.



Как вы думаете, в какой группе выживаемость животных была выше и с чем это связано? Объясните с биологической точки зрения (3 балла).

Пояснения к решению: Известно, что чем выше концентрация кислорода в тканях – тем сильнее эффект облучения, это так называемый кислородный эффект, связанный с усилением поражающего действия ионизирующего излучения в присутствии кислорода во время облучения. Кислородный эффект является универсальным явлением и наблюдается при облучении различных объектов – целых организмов, клеток и простых модельных систем. Таким образом, в первой группе крыс находящейся гипоксических условиях выживаемость была выше. С химической точки зрения рентген вызывает образование свободных радикалов в воздухе. При наличии несвежей подстилки в воздухе будет “висеть” достаточно много органики и в принципе может образоваться фотохимический смог (как в Лондоне в своё время). С этой позиции непрветриваемое помещение значительно опаснее.

20. Пептидные сурфактанты (биология, 11 класс)



В последнее время растет интерес к получению и исследованию свойств олигопептидов, обладающих свойствами поверхностно-активных веществ, в качестве перспективного направления развития наномедицины.

Кислотный гидролиз пептида **A** ($M_{\text{пер}}=572,67$ г/моль) приводит к образованию смеси двух канонических аминокислот **X** и **Y** в молярном соотношении 1:6, соответственно.

1. **Определите общее число аминокислотных остатков, содержащихся в A (2 балла).**
2. **Определите аминокислоты X и Y, максимально ограничив перебор вариантов. Приведите решение (3 балла).**

Пептид **B** является изомером соединения **A**, имея аналогичный аминокислотный состав. Известно, что пептид **B** не гидролизуется под действием трипсина или химотрипсина.

3. **Установите структуру пептида B (2 балла).**
4. **Установите структуру пептида A, приняв во внимание, что он содержит максимально возможное число пептидных связей, связывающих остатки аминокислоты Y между собой (2 балла).**

Образование мицелл в водном растворе пептида **A** изучали при разных значениях pH. Были получены следующие результаты:

Концентрация	Средний диаметр мицелл, мкм
--------------	-----------------------------

пептида А, мМ	pH 2	pH 7	pH 11
1	4,68	2,20	-
2	4,83	3,32	-
5	5,09	3,56	0,13

Критические концентрации мицеллообразования для пептида А при значениях pH, равных 2, 7 и 11, составили 0,61, 0,94 и 3,63 мМ, соответственно.

- Исходя из структуры А, предложите аргументированное объяснение изменения параметров мицеллообразования в зависимости от pH раствора (3 балла).
- Пептид В резко отличается по поверхностно-активным свойствам от соединения А и в значительной степени менее пригоден в качестве "сурфактанта". Почему (2 балла)?
- Предложите возможные точки приложения и укажите преимущества мицелл на основе пептида А в адресной доставке лекарственных средств в организме человека (3 балла).

Пояснения к решению:

1. Исходя из молярного соотношения продуктов гидролиза – свободных аминокислот, можно предположить, что пептид А должен содержать 7-п аминокислотных остатков, где $n=1,2,3...$ Однако, даже в случае $n=2$ средняя молекулярная масса аминокислот, образующих пептид, составит:

$$M(\text{сред}) = \frac{572,67 + 13 \cdot 18,01}{14} = 57,62 \text{ г/моль},$$

что намного меньше, чем молекулярная масса глицина – самой простой аминокислоты.

Поэтому $n=1$, и А является гептапептидом.

2. Формула пептида А может быть представлена в виде XU_6 . Попробуем вновь рассчитать среднюю молекулярную массу аминокислот в составе А:

$$M(\text{сред}) = \frac{572,67 + 6 \cdot 18,01}{7} = 97,25 \text{ г/моль},$$

Из канонических аминокислот только две имеют меньшее, чем 97,25 г/моль, значение молекулярной массы – глицин (75,07 г/моль) и аланин (89,09 г/моль). Перебор четырех возможных вариантов (табл.) приводит к единственно возможному ответу – пептид А имеет формулу $LysAla_6$.

вариант	молекулярная масса второй аминокислоты, г/моль	каноническая аминокислота
X – глицин	100,94	-
Y – глицин	230,31	-
X – аланин	98,61	-
Y – аланин	146,19	лизин

3. Трипсин подвергает гидролизу связи, образованные карбоксильной группой лизина. Так как обработка пептида **B** трипсином не приводит к каким-либо результатам, то логично предположить, что остаток лизина в данном случае является С-концевым, и формула олигопептида **B** может быть представлена как:



4. Так как пептид **A** содержит максимальное число пептидных связей, связывающих остатки аминокислоты **Y** между собой, то остаток лизина должен быть концевым. С-концевым он быть не может (такую структуру имеет пептид **B**), а значит, располагается на N-конце олигопептида **A**:



5. Для пептида $\text{Lys-Ala-Ala-Ala-Ala-Ala-Ala}$ при различных значениях pH будет меняться суммарный заряд молекулы вследствие (де-)протонирования. При pH 2 карбоксильная группа С-концевого аланина ($pK_a \sim 2,5$) в большинстве своем находится в протонированной форме, тем самым придавая пептиду ярко выраженную гидрофильную голову (суммарный заряд +2) и гидрофобный хвост. Другими словами, при pH 2 создаются оптимальные условия для формирования мицелл и реализации поверхностно-активных свойств пептида.

При pH 7 суммарный заряд пептида составляет +1: происходит депротонирование свободной карбоксильной группы, при этом уменьшается гидрофобность хвоста молекулы. Это приводит к снижению поверхностно-активных свойств пептида, уменьшению размеров формируемых мицелл и росту критической концентрации мицеллообразования по сравнению с низкими значениями pH.

Достижение щелочного диапазона (pH 11) ведет к депротонированию обеих аминокислот лизина ($pK_a \sim 9$ и 10) и формированию суммарного заряда молекулы, равного -1. Теперь уже аланиновый конец становится гидрофильной головой, в то время как разветвленный остаток лизина, не несущий заряд, стерически препятствует возникновению оптимальных гидрофобных взаимодействий хвостов пептидов. Это приводит к значительному повышению критической концентрации мицеллообразования.

Из-за несимметричной формы использованных пептидных молекул форма мицелл различается в кислой и щелочной среде. Так, при $pH \leq 7$ пептиды собираются в трубки, а при высоких значениях pH образуют сферические агрегаты.

6. В случае пептида $\text{Ala-Ala-Ala-Ala-Ala-Ala-Lys}$ нарушается оптимальное разделение зарядов при различных значениях pH. Так, например, при pH 7 оба конца несут заряды: N-концевой аланин +1, тогда как остаток лизина содержит депротонированный карбоксил и протонированную аминокислотную группу.

7. Независимо от заряда на поверхности пептидные мицеллы, так же как и мицеллы обычных ПАВ, могут нести в своей сердцевине гидрофобные молекулы.

При наличии гидрофобного лекарственного средства в таких мицеллах пассаж препарата через желудок пациента, содержащее которого характеризуется низкими значениями pH, будет беспрепятственным с последующим разрушением мицелл в щелочной среде тонкого кишечника. В свою очередь, пептидные мицеллы, образующиеся в щелочной среде, могут быть использованы для доставки лекарств в опухоли или очаги воспаления, которые обычно характеризуются более низкими значениями pH. У олигопептидов есть существенные преимущества перед синтетическими сурфактантами: они подвергаются биodeградации с образованием обычных аминокислот, и против них не реализуется иммунный ответ в виду незначительных размеров молекул и скудного аминокислотного состава.