



Задача 1. Перейти все границы

У всех индикаторов pH есть диапазон перехода, который достаточно широкий, поэтому значения кислотности среды определяются с некоторой погрешностью. Перед вами стоит задача создать химический кислотно-основный индикатор, обладающий узким диапазоном перехода, лежащим в области pH 6–8. Индикатор может представлять собой как индивидуальное вещество, так и смесь. Заказчик просит вас добиться ширины перехода не более 0,1 единицы pH. Попробуйте решить поставленную задачу. Для этого придется ответить на следующие вопросы:

- 1) От чего зависит ширина диапазона перехода кислотно-основного индикатора?
- 2) Есть ли теоретическое минимальное значение этой ширины?
- 3) Можно ли теоретически выполнить требования заказчика? Если да — то как, если нет — то почему?



Задача 2. Абракадабра

У вас есть прозрачная колба, в которой изначально находится смесь органических веществ на ваш выбор. За один шаг вы можете добавить ровно один органический реактив, при этом колбу можно нагреть или подействовать на нее светом.

Предложите такую исходную смесь и набор органических веществ, чтобы на каждом шаге добавления очередного реактива и обработки колбы путем нагрева или освещения цвет содержимого менялся благодаря химическим реакциям, протекающим в реакционной смеси. В сумме цвет содержимого колбы должен поменяться хотя бы четыре раза, цвета не должны повторяться. Из колбы ничего нельзя извлекать намеренно.

Приведите схемы реакций для каждой смены цвета, а также укажите условия их протекания.



Задача 3. Зеркало души

Живые организмы воспринимают свет благодаря цепочке биохимических процессов. У разных организмов эти процессы сильно отличаются, из-за чего некоторые животные видят инфракрасное излучение (например, змеи), а некоторые — ультрафиолетовое (например, насекомые).

Оцените из общих принципов, каковы минимальная и максимальная длины волн излучения, которые теоретически может видеть организм без нарушения рецепторного аппарата. Каковы могут быть механизмы для такой чувствительности?



Задача 4. Тихая охота

Одно из наиболее известных семейств съедобных грибов — это boletoвые. Самые популярные его представители — белый гриб, подберезовик и подосиновик. Отличительной чертой многих грибов семейства boletoвые, в особенности красного подосиновика *Léccinum aurantiacum*, является посинение среза гриба.

Объясните, какие химические процессы приводят к появлению синей окраски? Как можно предотвратить её появление, если гриб уже срезан и находится у вас в руках?



Задача 5. Каждый охотник

На нашем столе достаточно много разнообразных продуктов оранжевого или красного цвета — например морковь, томаты и даже красная рыба. Как правило, источником такой окраски являются каротиноиды — природные пигменты-антиоксиданты, химически представляющие собой тетратерпены. Их химическая структура отличается большим числом сопряженных двойных связей (до 11).

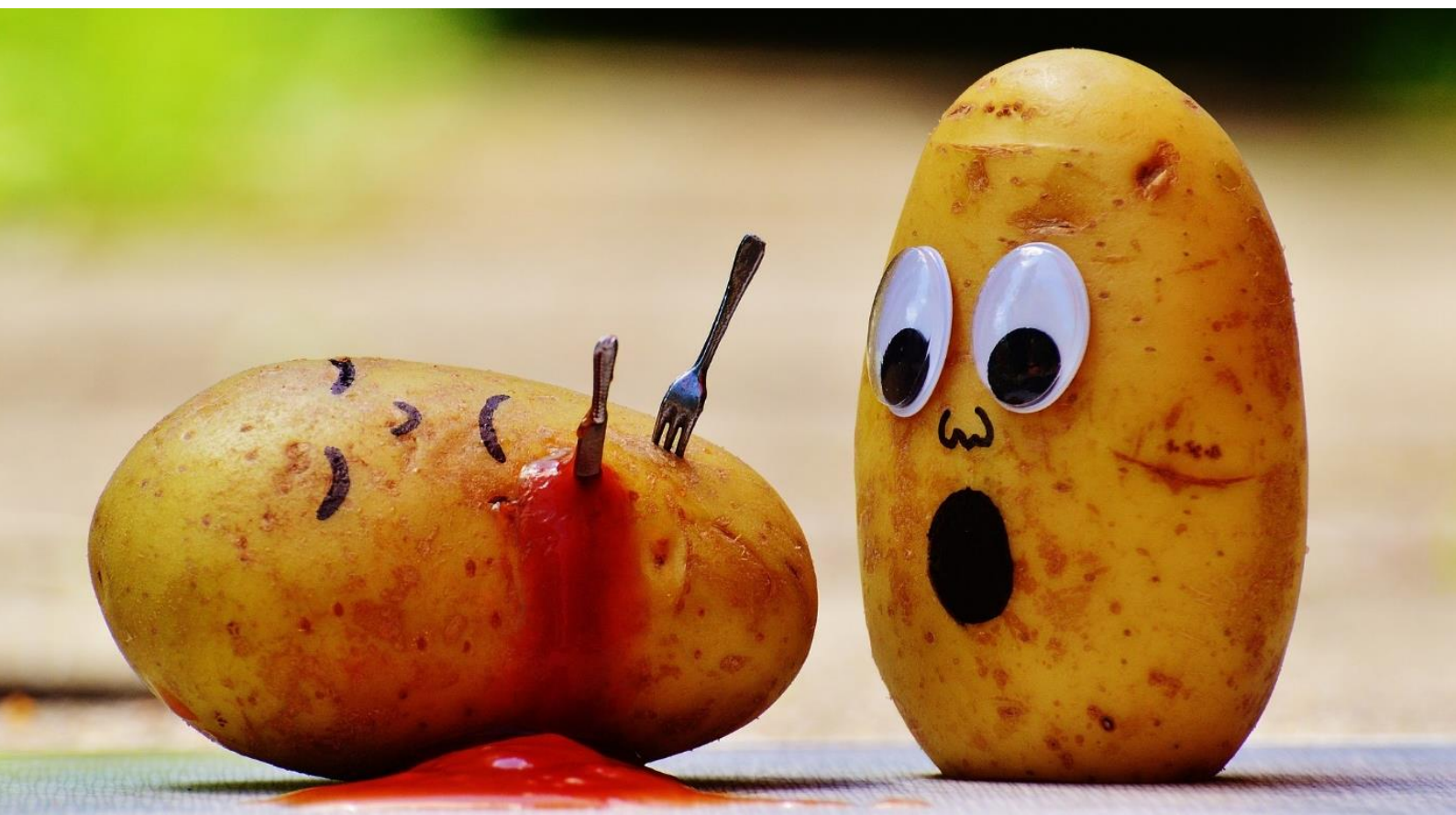
Предложите, как можно экспериментально количественно сравнить концентрацию каротиноидов в моркови и в филе любой рыбы семейства лососёвых.



Задача 6. *Ocimum basilicum*

Среди сортов базилика душистого *Ocimum basilicum*, доступных в магазине, выделяются красные и фиолетовые сорта. За их насыщенную окраску отвечают сразу два вида пигментов: зеленые хлорофиллы и красные антоцианы.

Предложите и оптимизируйте методику выделения из красного базилика хлорофилла и антоцианов в условиях школьной лаборатории. Объясните, каким путем вы оптимизировали методику выделения и разделения пигментов.



Задача 7. Мы с тобой не одной крови

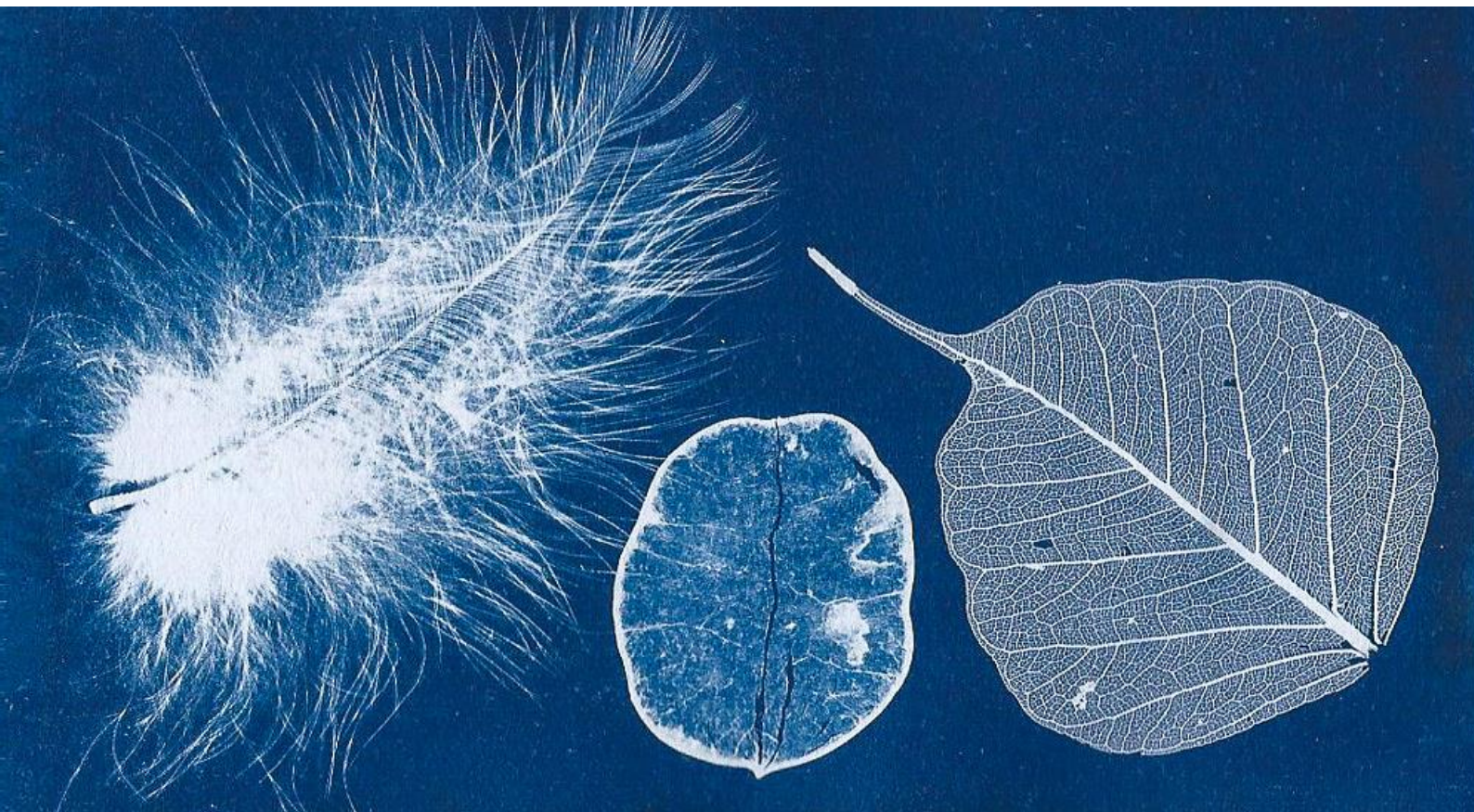
На Земле у организмов встречается разный цвет крови: красный (теплокровные животные), голубой (пауки, осьминоги), зеленый (кольчатые черви), фиолетовый (моллюски).

- 1) Объясните от чего зависит цвет крови, а именно различия в строении соединений, переносящих кислород.
- 2) Предположите, как можно сделать кровь человека голубой, считая, что весь белок, переносящий кислород, всё так же будет содержаться в эритроцитах.
- 3) Возможно ли изменить цвет крови человека при изменении объема циркулирующей крови, и, следовательно, количества эритроцитов, не более чем в два раза?

Для этого вам потребуется сравнить кислородсвязывающие функции различных белков.

Референсные значения:

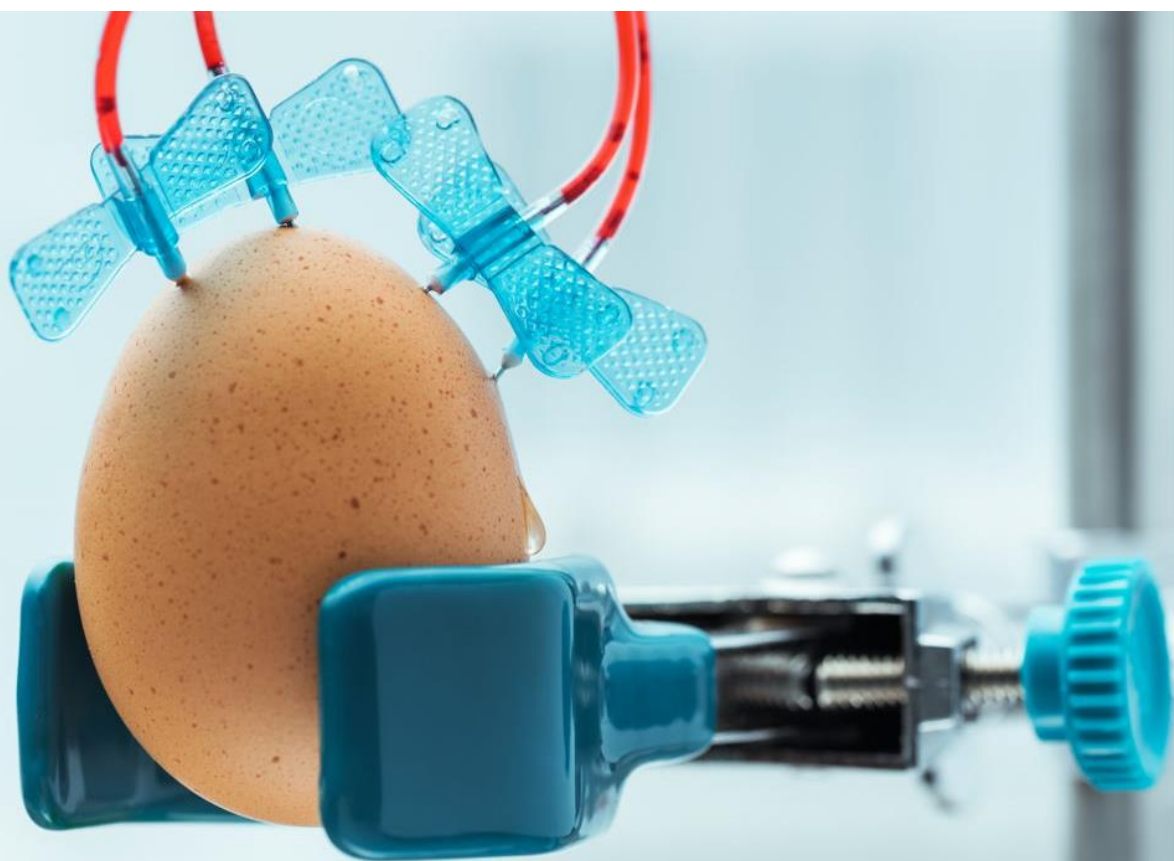
- Средний объем крови у взрослого человека - 5 литров.
- Гематокрит равен 40.
- Средний объем эритроцита 100 фемтолитров.
- Среднее содержание гемоглобина в эритроците 30 пикограммов.



Задача 8. Нестандартная светопись

Термин «фотография» происходит от греческих слов «фото» — свет и «граф» — пишу. Сейчас в моде плёночные фотоаппараты, которые придают дополнительную атмосферность воспоминаниям. Проявление плёнки, содержащая бромид серебра, происходит за счёт разложения бромида серебра под действием света и проявителя (смесь органических и неорганических веществ), который ускоряет процесс разложения.

Предложите фотографический процесс, основанный на фотохимических реакциях соединений одного из перечисленных металлов: титан, ванадий, хром, марганец.



Задача 9. Стоит выеденного яйца?

Существует вариант осуществления тонкослойной хроматографии на скорлупе от яйца. Важнейшим параметром хроматографического метода, характеризующим его эффективность, является число теоретических тарелок.

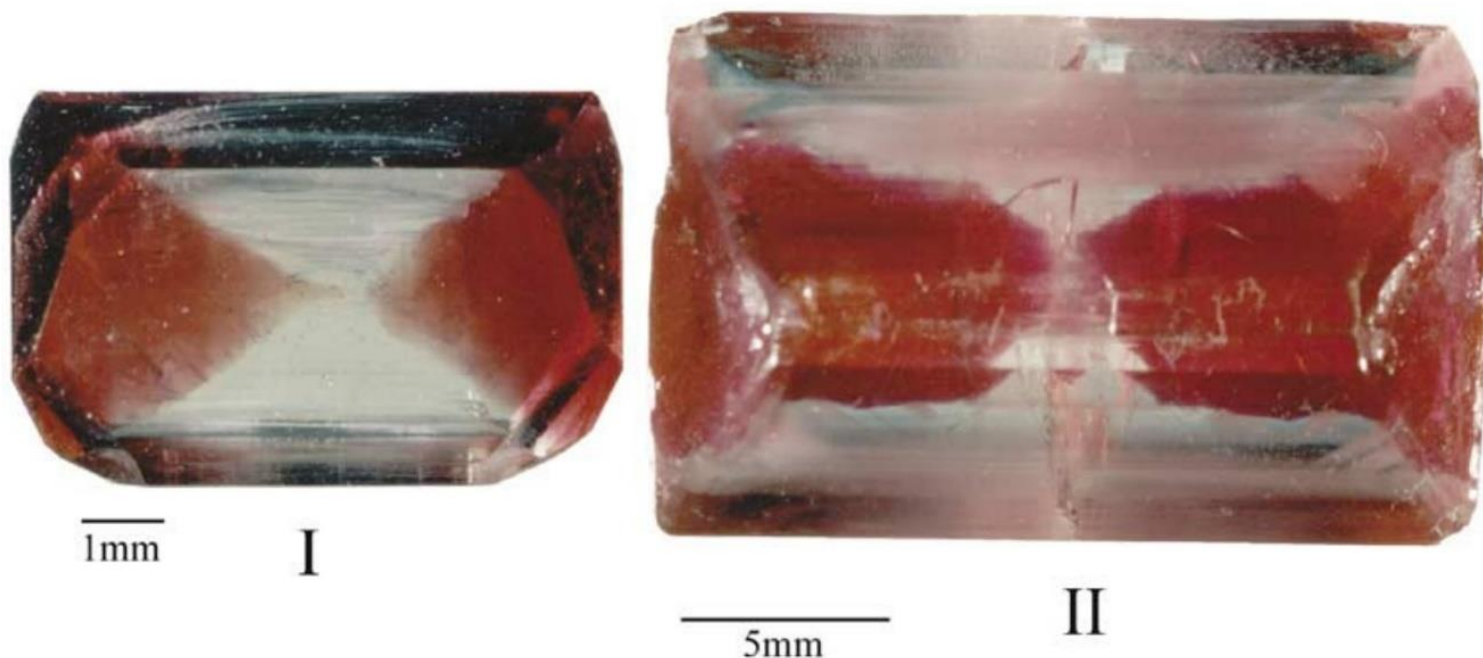
Приведите пример хроматографии какой-либо смеси веществ (природного или искусственного происхождения) на скорлупе яйца, и рассчитайте для этого случая число теоретических тарелок.



Задача 10. Мал, да удал

Распространенная жизненная проблема: найти на полу осколки разбитого стекла. Каждый пропущенный осколок потенциально опасен, особенно из-за того, что он малозаметен ввиду своей прозрачности и бесцветности.

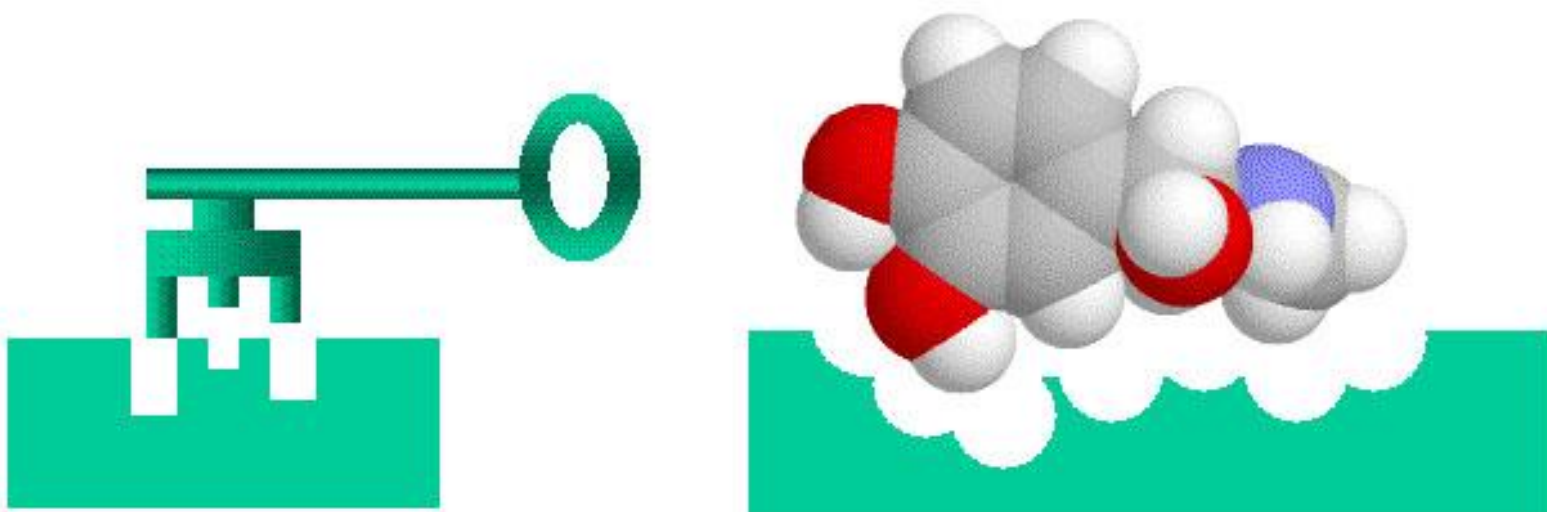
Предложите состав стекла, которое бы окрашивалось, будучи разбитым.



Задача 11. Два в одном

Выращивание кристаллов — это и интересное хобби и очень важный навык в химии. Например, именно в форме монокристаллов удастся получать очень чистые вещества для дальнейшего исследования их физических свойств. Но иногда при кристаллизации из раствора смесей получаются кристаллы смешанного состава. Один из самых красивых примеров этого процесса: кристаллы по типу "песочных часов" или кристаллы с включениями красителей. Такие кристаллы образуются, например, при кристаллизации сульфата калия из раствора, в котором есть краситель фуксин (acid fuchsin).

Объяснить образование кристаллов с такой выраженной неоднородной окраской можно только тем, что молекулы красителя по какой-то причине "прилипают" к некоторым граням растущего кристалла. Предположите, почему так происходит? Основываясь на своем механизме попытайтесь предсказать, какой краситель сможет встроиться в кристаллическую решетку цезийгаллиевых квасцов $\text{CsGa}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ с кубической кристаллической решеткой со стороной 12,418 Å. Аргументируйте свой выбор.

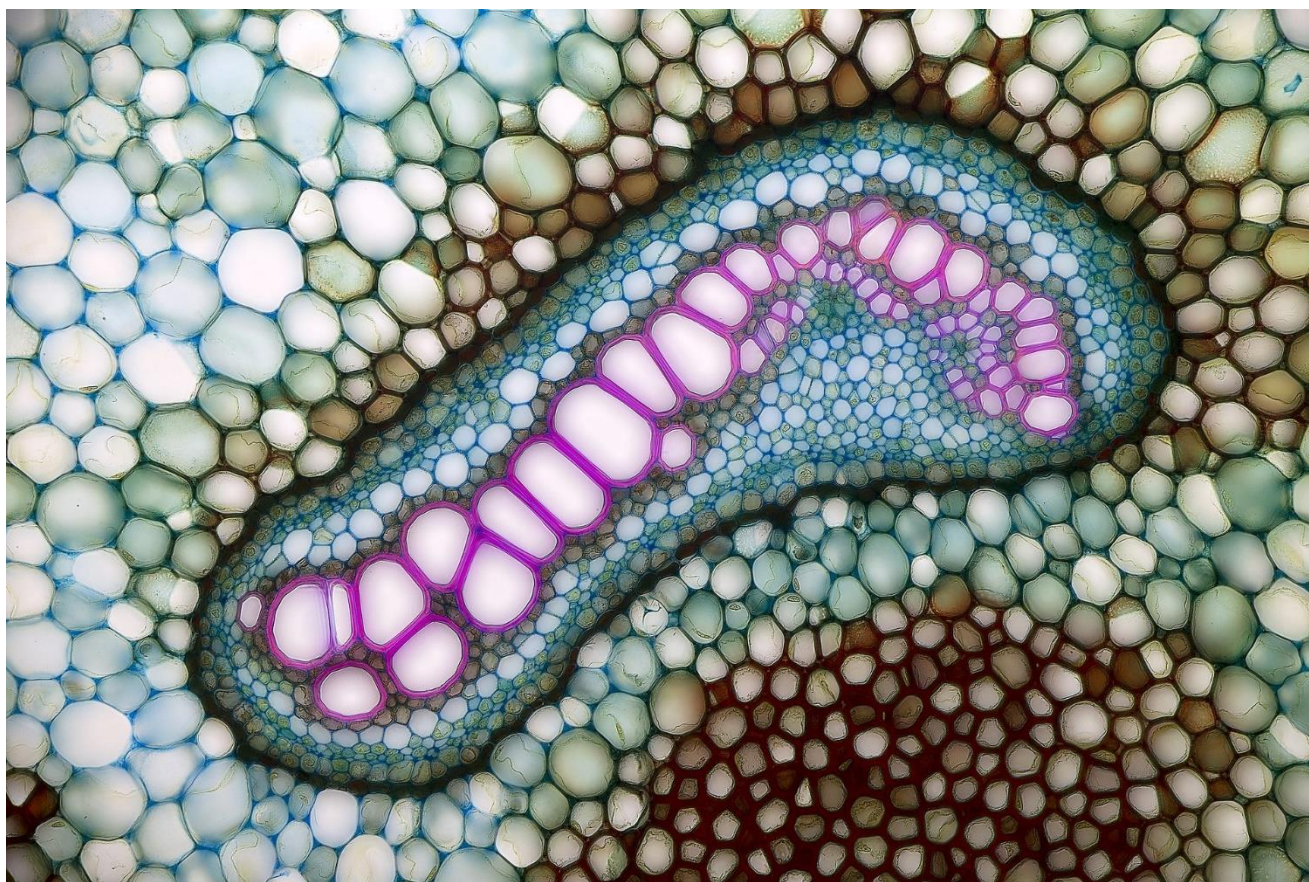


Задача 12. Рука-перчатка

Один из самых жизненно-важных – в буквальном смысле – классов химических реакций это реакции между белками-ферментами и субстратами. Чтобы объяснить невероятную точность работы ферментов, способных среди огромного числа различных молекул выбирать только определенные, была предложена аналогия "ключ-замок". Современные представления немного уточняют её, и соответствующая теория называется «рука-перчатка».

Мы решили, что аналогия «рука-перчатка» стала как никогда актуальной в последнее время. Вам предстоит решить следующее задание.

Выберите молекулу красителя с молярной массой до 500 г/моль и основываясь на знаниях химии, физики и геометрии молекул предложите для нее «перчатку» – другую органическую молекулу, не ограниченную по молярной массе, которая будет селективно связываться с выбранной вами молекулой красителя, и, очень желательно, чтобы она не связывалась с родственными ей другими красителями. Обоснуйте выбор и механизм связывания.



Задача 13. Умное окрашивание

Один из важнейших приёмов для микроскопического исследования тканей (растений или животных) — их окрашивание специализированными красителями, например, гематоксилином или эозином. Они позволяют выделить цветом отдельные органеллы в клетках, что облегчает исследование. Но специализированные красители как правило недоступны энтузиастам, изучающих биологию в домашних условиях (из-за пандемии коронавируса или просто из удобства).

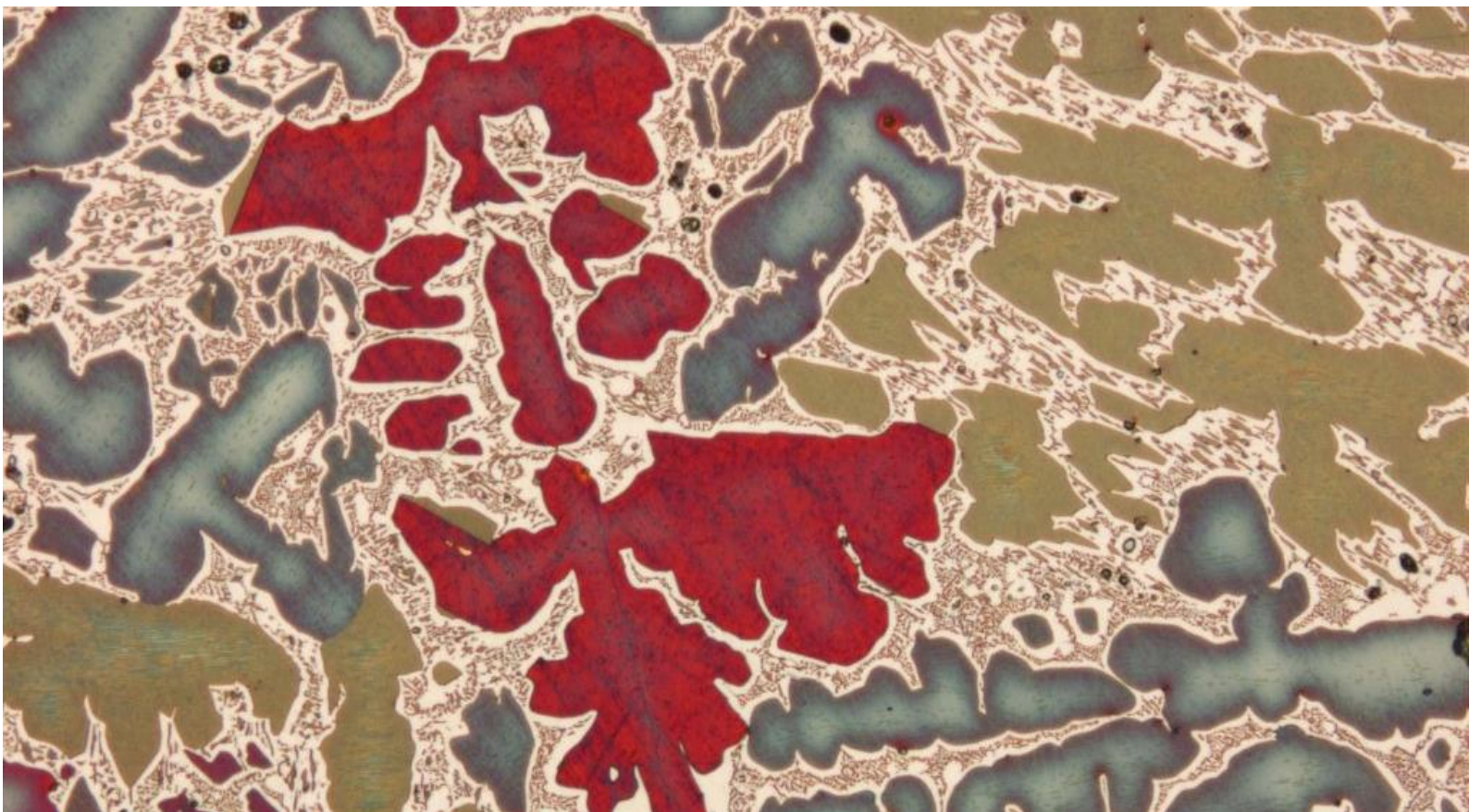
Предложите метод окрашивания биологических тканей (можете выбрать для определенности кожуру лука или любую другую удобную биологическую ткань), использующий легкодоступные красители — те, которые можно найти в ближайшем магазине или аптеке. Объясните, как происходит накопление и/или изменение цвета красителя в той или иной области клетки с точки зрения химии и физиологии клетки.



Задача 14. Лунный свет

В книгах Толкиена описываются врата Мории, которые были украшены рисунками из итильдина — серебристого вещества, становившегося видимым только при звёздном или лунном свете.

Предложите вещество, рисунки которым можно было бы увидеть только в подобном свете.



Задача 15. Цельнометаллический художник

Многие металлы меняют свой внешний вид и, что немаловажно, цвет под действием внешних факторов. Например, из-за влажности и окислительных процессов железо ржавеет и становится рыжим, бронза покрывается зеленой патиной, цинк белеет, а серебро темнеет.

Действие внешних факторов можно сделать локальным - тогда на листе металла можно делать узоры и рисунки. Предложите металлический сплав и набор реагентов или внешних факторов, с помощью которых можно сделать на листе из этого сплава трехцветное изображение.



Задача 16. Статуя свободы

Широко известно, что памятники и статуи, изготовленные из сплавов меди, с течением времени темнеют, теряя изначальный блеск. Кроме того, со временем они приобретают зеленый цвет, покрываясь так называемой патиной. Оцените кинетические параметры химических реакций, приводящих к образованию таких покрытий, исходя из доступных источников и/или фотографий.

Также предложите методы, позволяющие искусственно "состаривать" бронзовые объекты.