



Задача 12

«Окислительно-восстановительные индикаторы»

Команда: Мастера
Беспорядка

Условие задачи

В демонстрационной химии часто можно встретить опыты, связанные с обратимым изменением цвета реакционной смеси при её встряхивании на воздухе. Например, опыт «химический светофор» основан на использовании индигокармина и в нем наблюдаются переходы «желтый-красный-зеленый». Опыт «синяя бутылка» использует в качестве основного вещества краситель метиленовый синий. Однако оба этих опыта требуют использования крепких растворов щелочей и глюкозы. Можно ли заменить данные красители на другие? Предложите обратимо изменяющие цвет системы без крепких растворов щелочей, превращения которых основаны на тех же химических явлениях, что протекают в ходе описанных выше опытов.

Цель

1. Предложить возможные варианты замены данных красителей.
2. Предложить обратимо изменяющие цвет системы без крепких растворов щелочей, превращения которых основаны на тех же химических явлениях, что протекают в ходе описанных в условии опытов.

Анализ литературы

Summerlin, Lee R. (1988). *Chemical demonstrations* (2nd ed.). Washington, DC: American Chem. Society. p. 127.

Dutton, F. B. (1960). "Methylene Blue - Reduction and Oxidation". Journal of Chemical Education.

Zhang, Yifei; Tsitkov, Stanislav; Hess, Henry (2018). "Complex dynamics in a two-enzyme reaction network with substrate competition". *Nature Catalysis*.

Наше решение

- Суть реакции «Светофор»: в начале, окрашенный индигокармином раствор (синий), при добавлении щёлочи окисляется кислородом воздуха до зелёного цвета — так окрашена его окисленная форма.

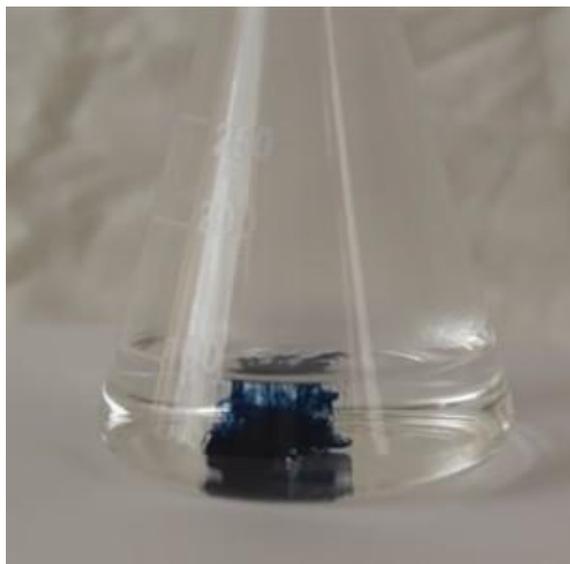


Рис. 1. Окрашенный индигокармином раствор

<http://zadachi-po-khimii.ru/wp-content/uploads/2015/08/sfetofor1-300x300.jpg>



Рис. 2. Окисленная форма

<http://zadachi-po-khimii.ru/wp-content/uploads/2015/08/sfetofor4-300x300.jpg>

- При стоянии зелёного раствора глюкоза начинает восстанавливать индигокармин сначала до красного цвета, а потом и до жёлтого. Если раствор встряхнуть или перелить, то он перемешается с воздухом, и кислород его снова окислит до зелёного цвета.

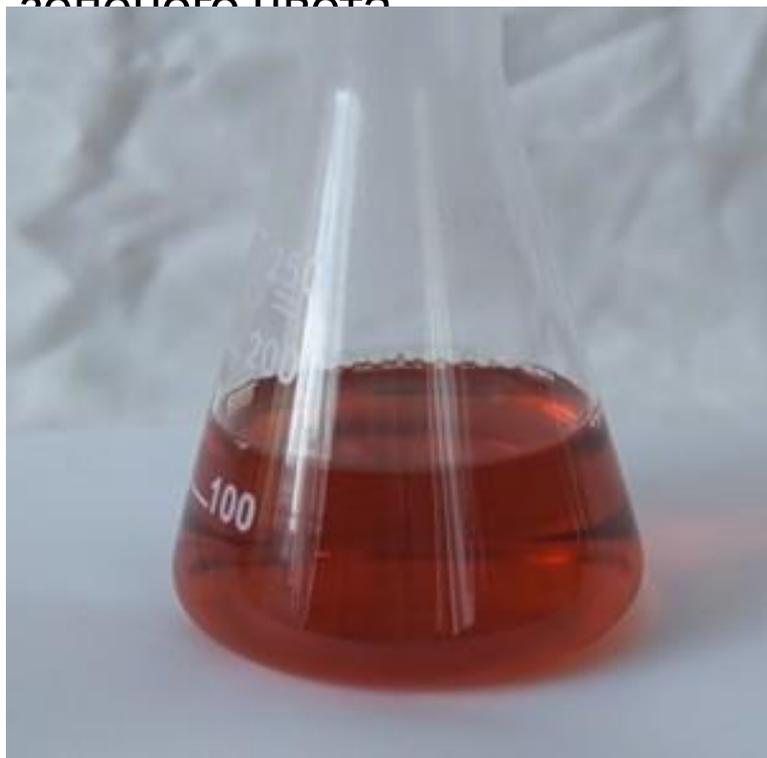


Рис. 3. Частично
восстановленный
индигокармин

<http://zadachi-po-khimii.ru/wp-content/uploads/2015/08/sfetofofor3-300x300.jpg>



Рис. 4. Восстановленный
индигокармин

<http://zadachi-po-khimii.ru/wp-content/uploads/2015/08/sfetofofor2-300x300.jpg>

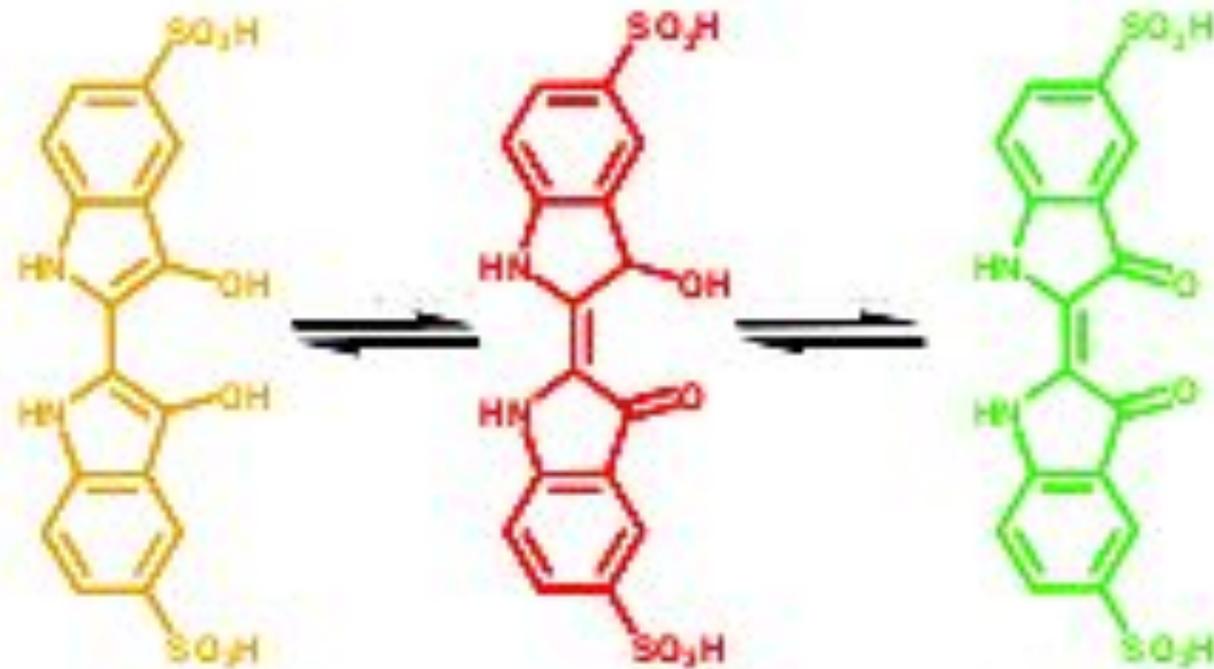


Рис. 5. Превращения
индигокармина



Рис. 6. Синий и
бесцветный раствор

<http://www.ntfactory.ru/shop/image/catalog/experiment%20photo/blue-transparent.jpg>

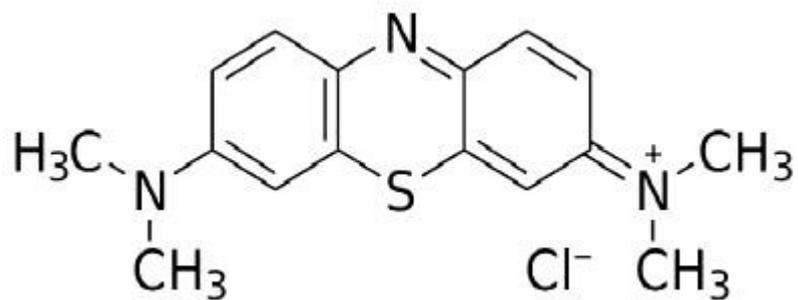


Рис. 7. Метиленовый
синий

- Первоначальный цвет раствора-синий, но после стояния в течение короткого промежутка времени он спонтанно исчезает до бесцветного, поскольку щелочной раствор глюкозы восстанавливает метиленовый синий до бесцветного лейко-метиленового синего. Встряхивание колбы приводит к тому, что кислород, присутствующий в воздухе, растворяется в растворе и окисляет лейко-метиленовый синий обратно в свою окрашенную форму.[1]

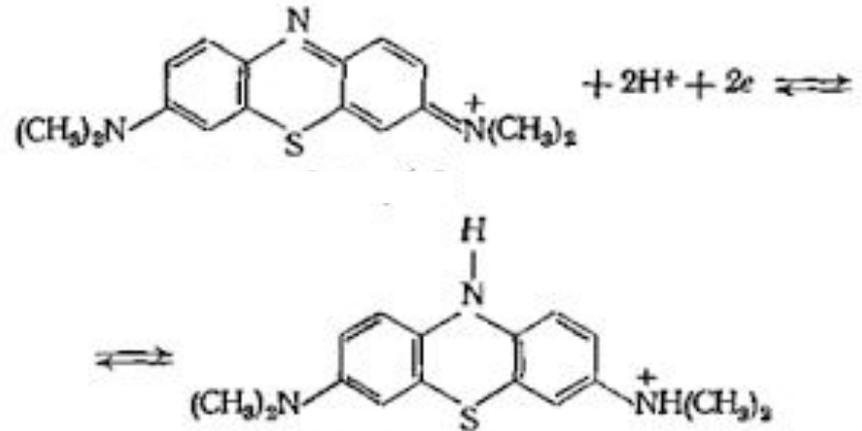


Рис. 8. Схема реакции

https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fvital.lib.tsu.ru%2Fvital%2Faccess%2Fservices%2FDownload%2Fvital%3A3120%2FSOURCE01&psig=AOvVaw12M0V6MLIO2ViOQcqUSar-&ust=1583319253749000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjE-aCS_ucCFQAAAAAdAAAAABAQ

Возможные варианты замены индикатора для опыта «синяя бутылка»:

-блестящий синий FCF(E133)

-резазурин

-тионин[2]

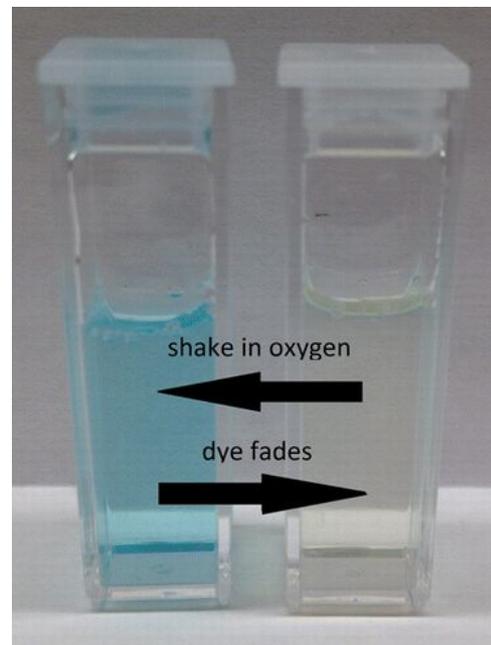
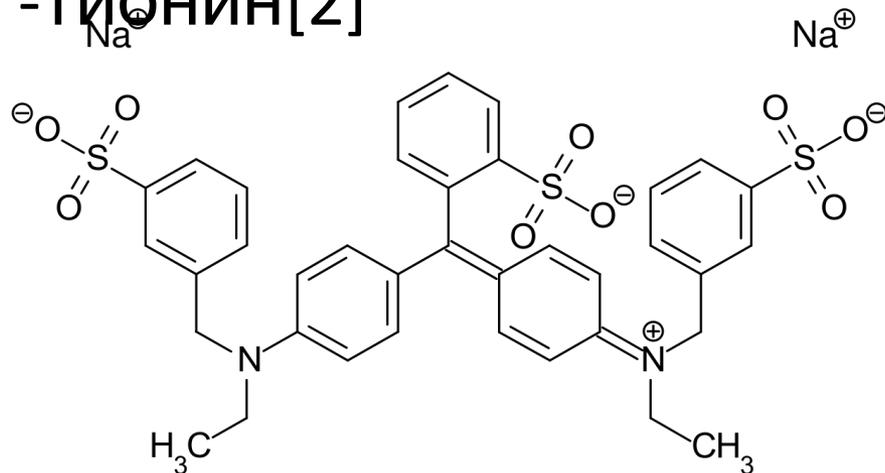


Рис. 9. Опыт с блестящим синим FCF

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5b00190>

Рис. 10. Блестящий синий FCF

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/48/Acid_Blue_9.svg/1280px-Acid_Blue_9.svg.png

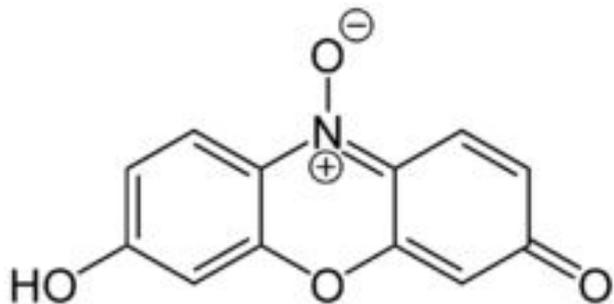


Рис. 11. Резазурин

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Resazurin.PNG>



Рис. 12. Неокисленный
резазурин

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/43/Vanishing_valentine_before_shook.JPG/800px-Vanishing_valentine_before_shook.JPG



Рис. 13. Окисленный
резазурин

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1f/Vanishing_valentine_after_shook.JPG/800px-Vanishing_valentine_after_shook.JPG



Рис. 14. Восстановление резазурина до резоруфина и обратимое восстановление резоруфина до дигидрорезоруфина.

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Resazurin_resorufin_dihydroresorufin.svg

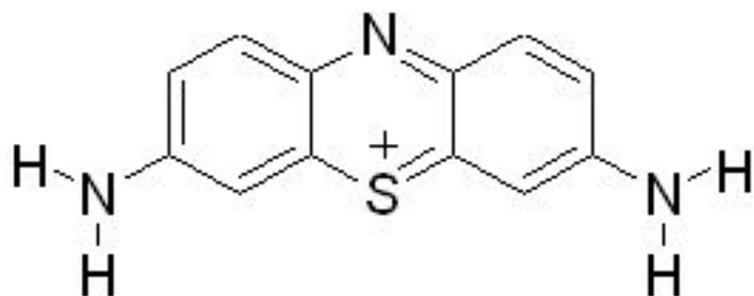


Рис. 15. Тионин

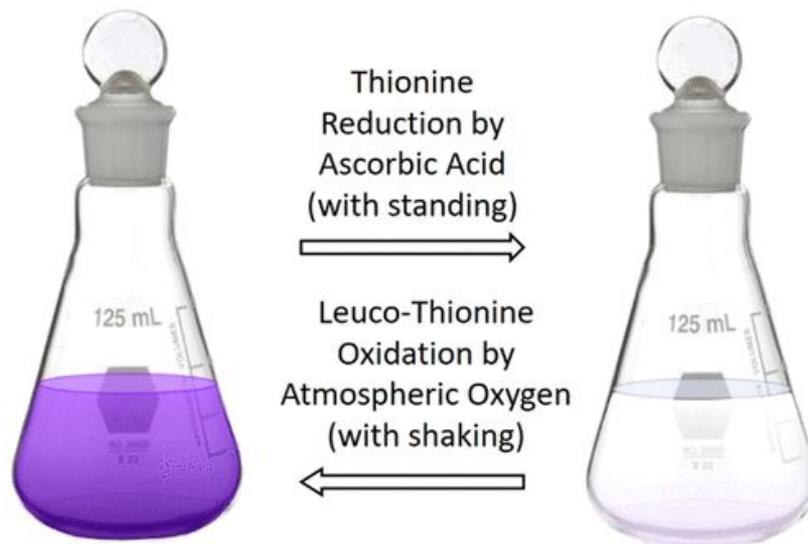


Рис. 16. Суть реакции

Аналоги меняющей цвет

СИСТЕМЫ

- Эксперимент проводится в прозрачном стеклянном сосуде, содержащем два общих фермента (глюкозооксидаза и пероксидаза хрена), глюкозу, и 2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфо кислота) (сокращенно ABTS) в буфере PBS(натрий-фосфатный буфер). Тонкий слой масла используется для блокирования раствора от воздуха. Раствор вначале становится зеленым, а затем бесцветным с истощением растворенного кислорода. Встряхивание раствора вводит свежий кислород и окрашивает раствор снова зеленым цветом, пока кислород не будет

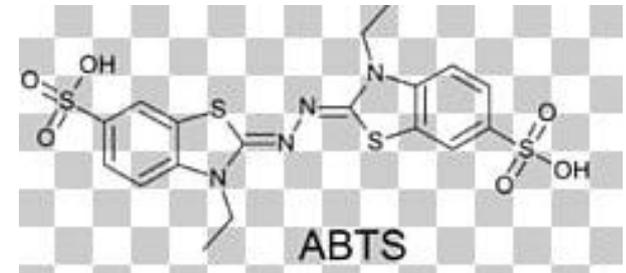
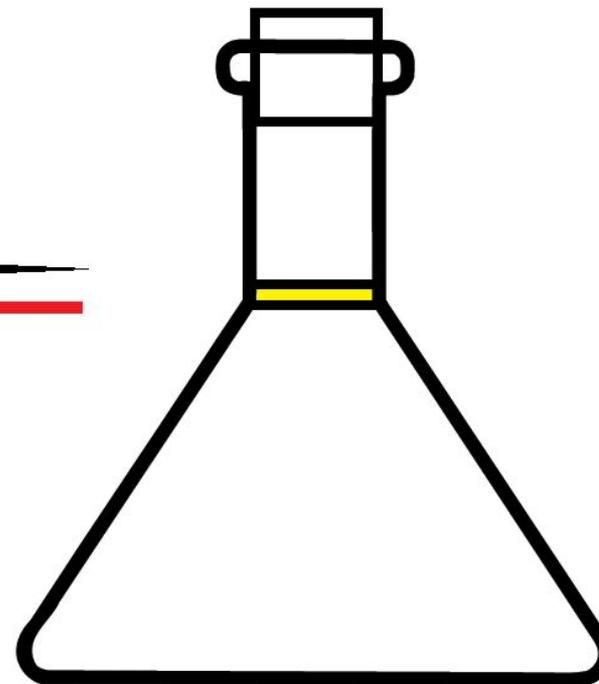
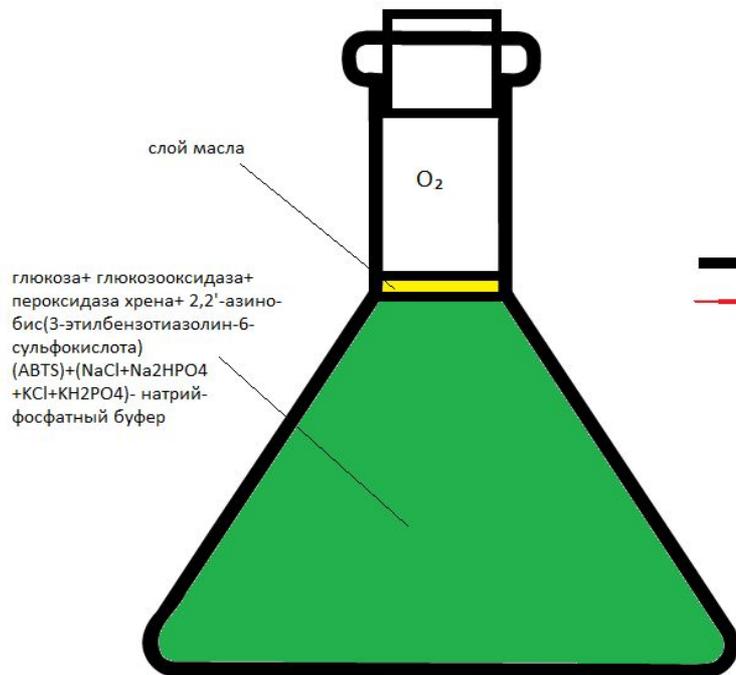


Рис. 17. ABTS

<https://cdn.imgbin.com/3/21/18/imgbin-horseradish-peroxidase-enzyme-substrate-hydrogen-peroxide-others-2HML10dLrwpL8swqeWPc0mY6w.jpg>



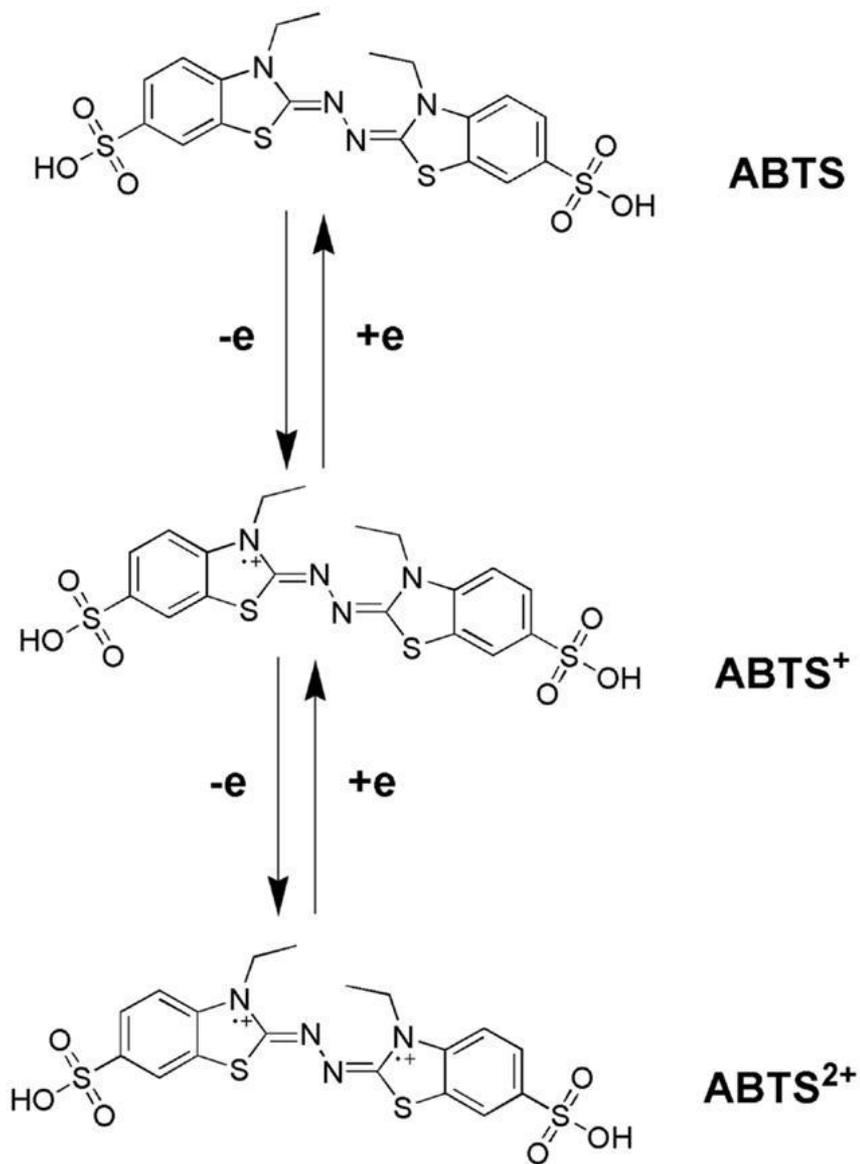
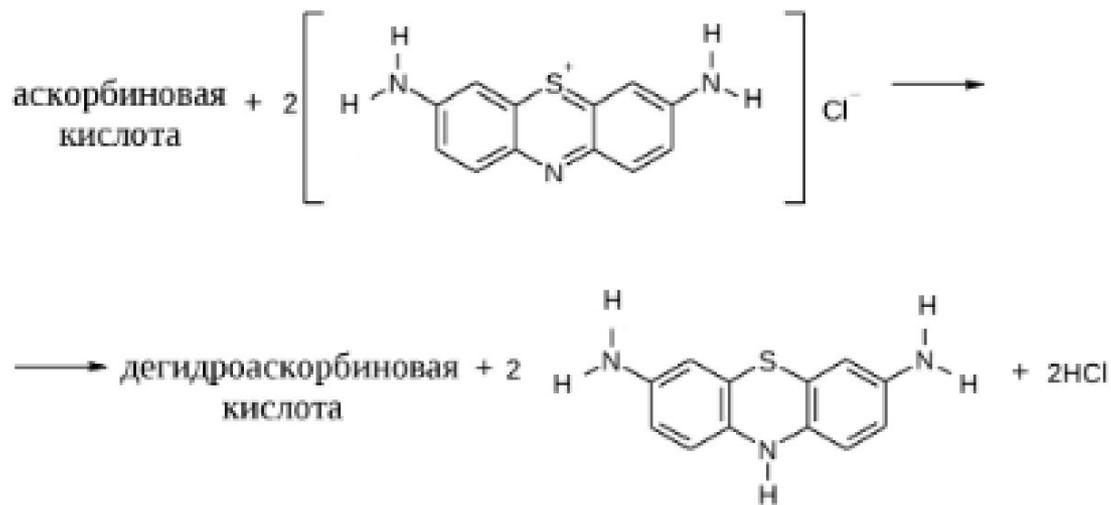


Рис. 18. Окисление ABTS до ABTS⁺

https://www.researchgate.net/profile/Yun_Ji2/publication/269734059/figure/fig6/AS:272756231110675@1442041561590/Oxidation-of-ABTS-in-presence-of-laccase.png

- Спиртовой раствор тионина добавляю к раствору аскорбиновой кислоты в ацетатном буфере (pH=4,5) в присутствии железного и медного



Преимущества и недостатки решения

+ Приведены несколько примеров замены индикаторов из опытов в условии.

-

Вывод

1. Предложены возможные варианты замены данных красителей.
2. Предложена обратимо изменяющая цвет система без крепких растворов щелочей, превращения которой основаны на тех же химических явлениях, что протекают в ходе описанных в условии опытов.



Источники информации

[1] Summerlin, Lee R. (1988). *Chemical demonstrations* (2nd ed.). Washington, DC: American Chem. Society. p. 127.

Dutton, F. B. (1960). "Methylene Blue - Reduction and Oxidation". Journal of Chemical Education.

[2]<http://www.flinnsci.com/documents/demopdfs/chemistry/cf0667.00.pdf>

[3] Zhang, Yifei; Tsitkov, Stanislav; Hess, Henry (2018). "Complex dynamics in a two-enzyme reaction network with substrate competition". *Nature Catalysis*.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**