ЦДООШ
ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ

Всероссийский Химический Турнир Школьников

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-красныйзеленый». 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/sfetofor3-300x300.jpg

Рис. 4. Восстановленный индигокармин

http://zadachi-po-khimii.ru/wp-content/uploads/2015/08/sfetofor2-300x300.jpg

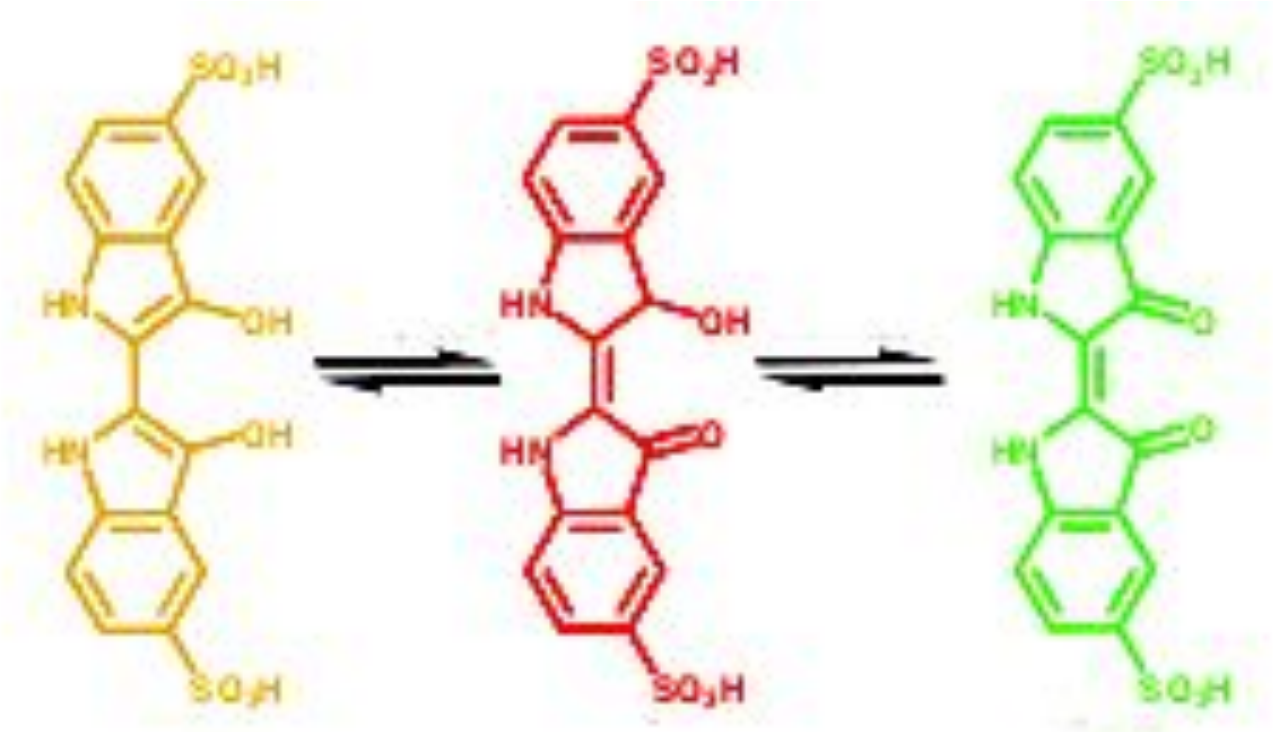


Рис. 5. Превращения индигокармина

Рис. 6. Синий и бесцветный раствор

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

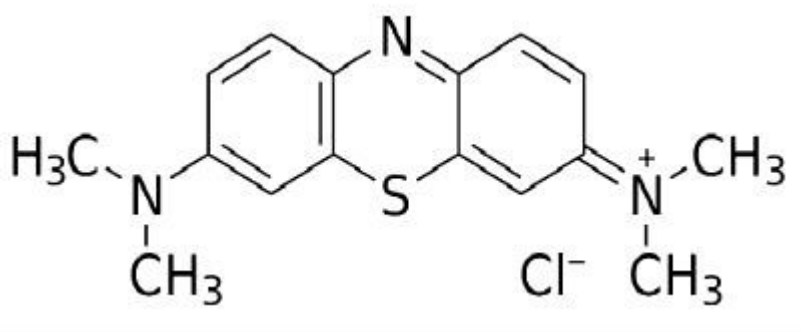


Рис. 7. Метиленовый синий

- 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]

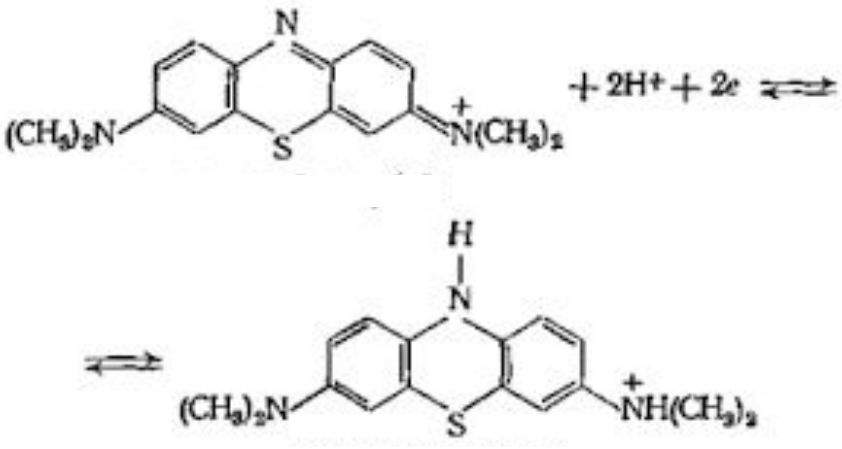


Рис. 8. Схема реакции

https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fvital.lib.tsu.ru%2Fvital%2Faccess%2Fservices%2FDownload%2Fvital%3A3120%2FSOURCE01&psig=AOvVaw12M0V6MLlO2ViOQcqUSar-&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]

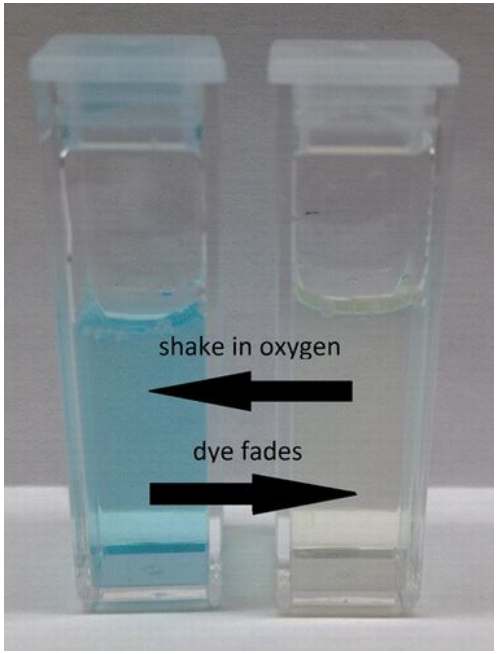


Рис. 9. Опыт с блестящим синим FCF

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

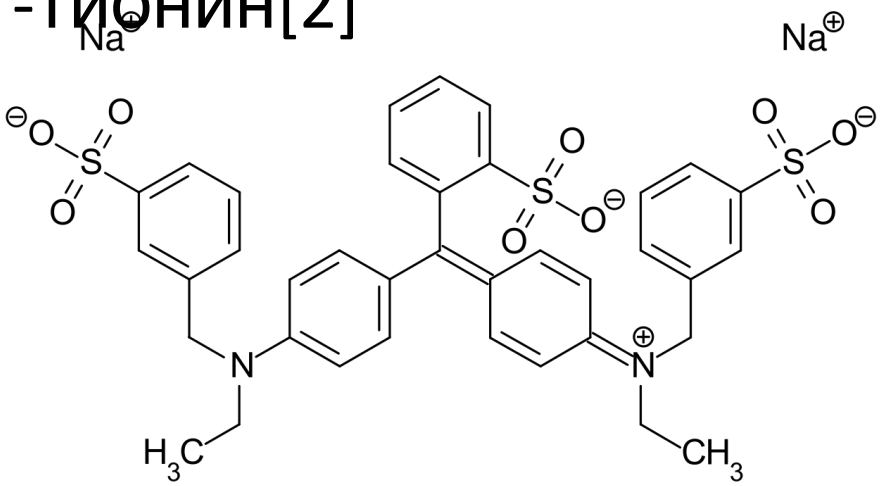


Рис. 10. Блестящий синий FCF

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

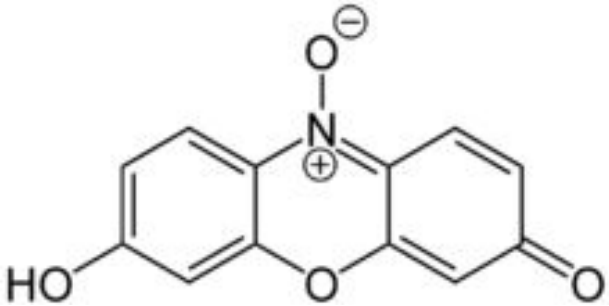


Рис. 11. Резазурин

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

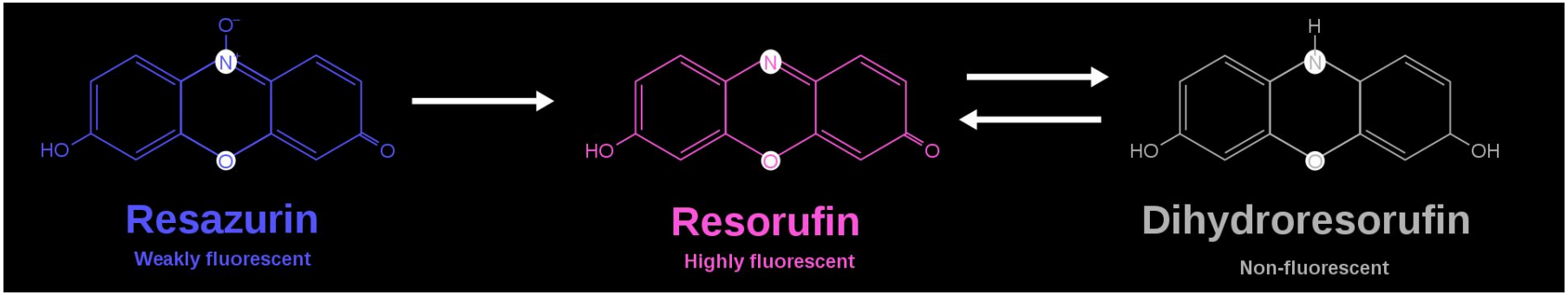


Рис. 14. Восстановление резазурина до резоруфина и обратимое восстановление резоруфина до дигидрорезоруфина.

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

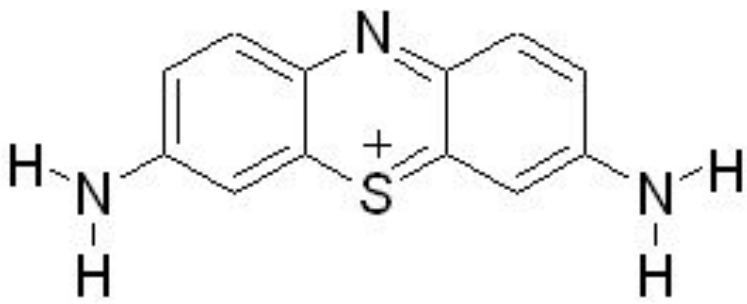


Рис. 15. Тионин

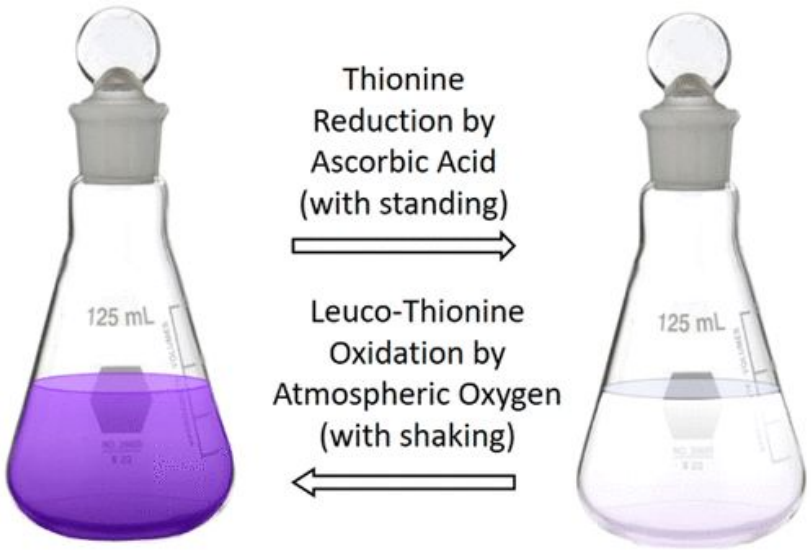


Рис. 16. Суть реакции

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-сульфокислота) (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

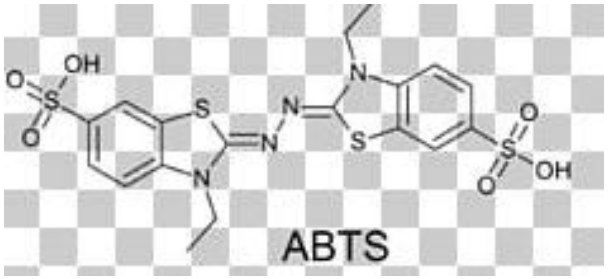
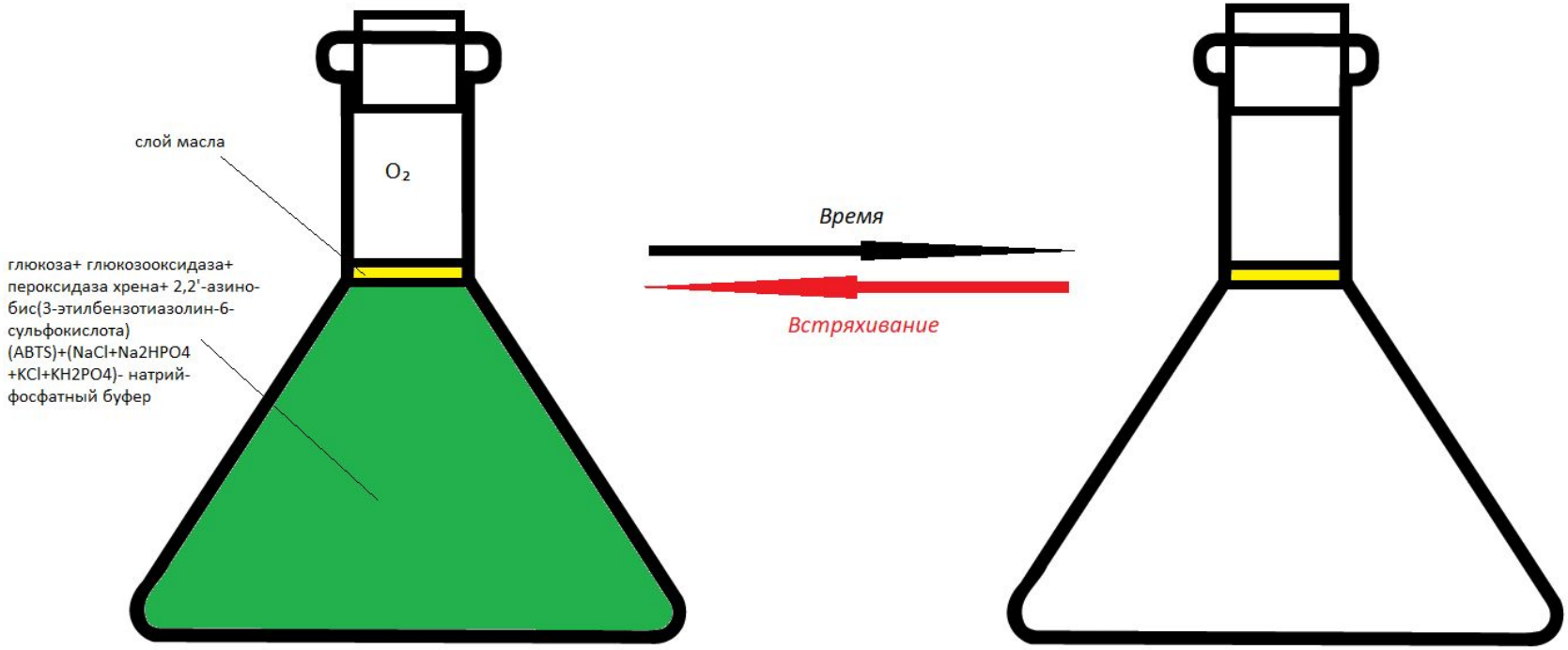


Рис. 17. ABTS

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


слой масла
O_2
глюкоза+ глюкозооксидаза+ пероксидаза хрена+ 2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфокислота) (ABTS)+(NaCl+Na2HPO4 +KCl+KH2PO4)- натрий-фосфатный буфер
Время
Встряхивание

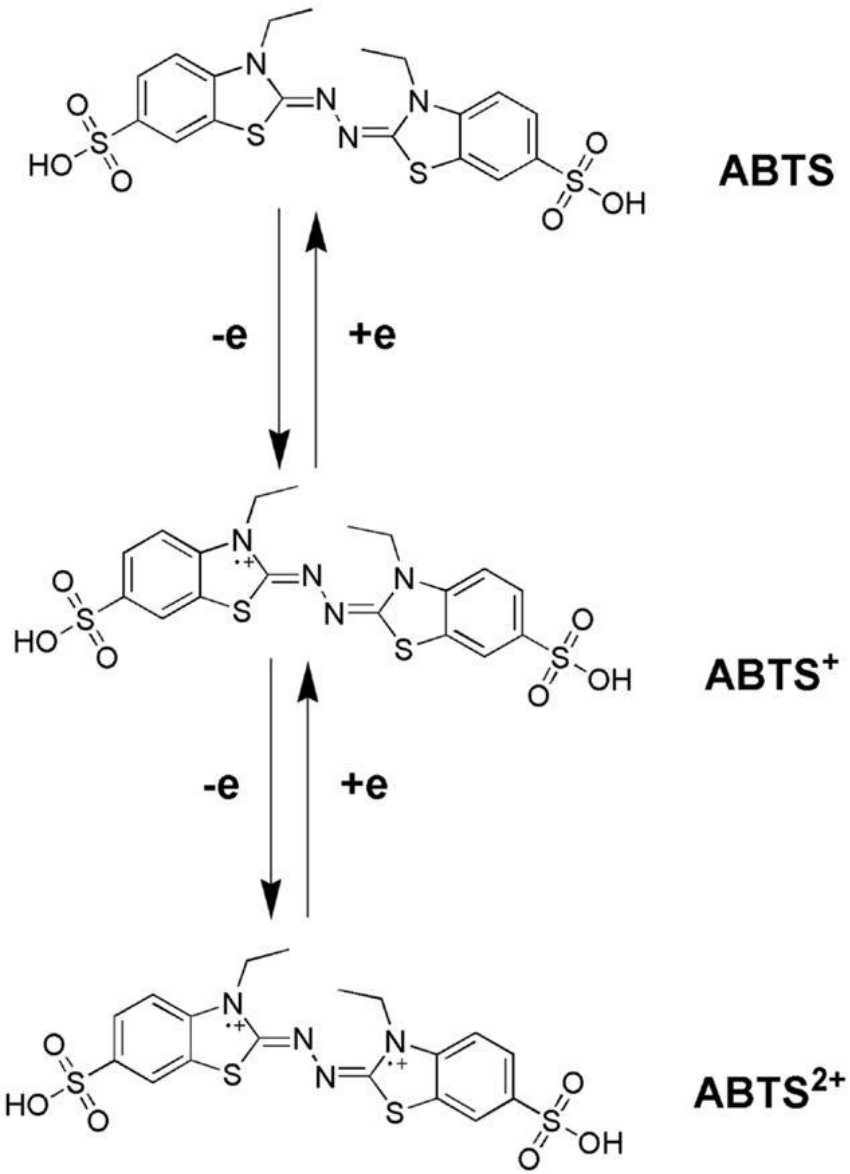
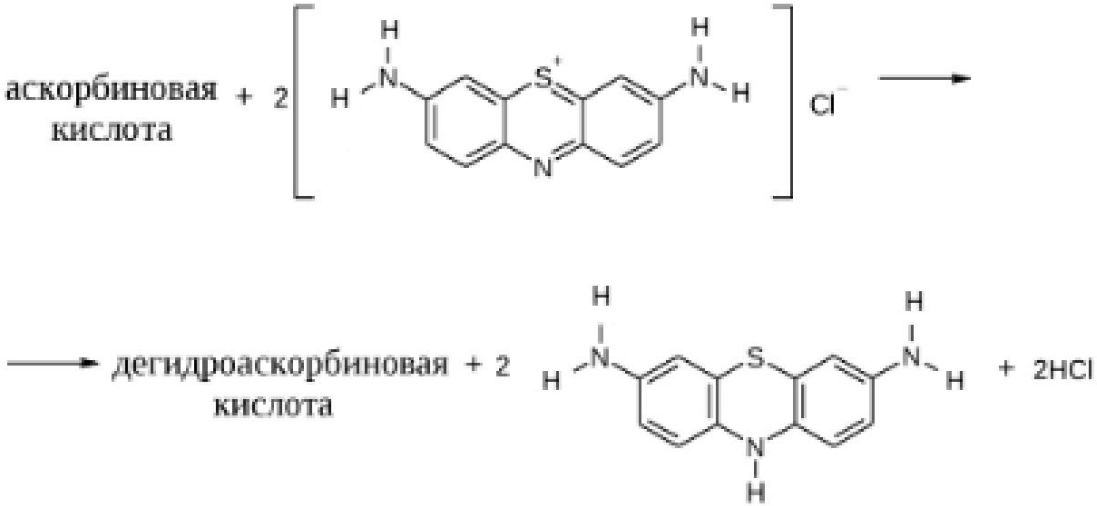


Рис. 18. Окисление ABTS до $ABTS^+$

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

- Спиртовый раствор тионина добавляют 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 изменяющяя 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!