

АПРИЛСКИ ДАНИ О НАСТАВИ ХЕМИЈЕ, 24. и 25. април 2023.

32. Стручно усавршавање за наставнике хемије и 4. Конференција методике наставе хемије
Универзитет у Београду - Хемијски факултет, Студентски трг 12-16, Београд



СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО
Карнегијева 4, 11000 Београд
126. година



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

Хемија и ликовна уметност: синтеза пигмента берлинског плавог и његова примена

Слађана Савић, проф. др Ксенија Стојановић, Небојша Радовић
Универзитет у Београду - Хемијски факултет, Катедра за примењену хемију

Представљамо Вам:

Једноставну синтезу пигмента берлинског плавог

- Вежбање лабораторијског рада
- Унапређење теоријских знања ученика: раствори, стехиометријска израчунавања, координациона, примењена и неорганска хемија
- Након синтезе берлинског плавог на часовима хемије, пожељно је да добијени пигмент ученици искористе за потребе сликања током похађања наставе ликовне уметности
- Подстицање разумевања ученика о интеграцији теоријских и практичних знања из различитих научних, техничких и технолошких области
- Разумевање чињенице да интегрисана знања омогућавају, олакшавају и унапређују живот и развој људског друштва!

Берлинско плаво

- Откривено 1706. године у Берлину (Краљевина Пруска): J. J. von Diesbach, J. C. Dippel; пруско плаво
- Употреба: плави пигмент, уљане и водене боје, мастило, биомедицина, катализа, технологије за складиштење енергије, деконтаминација радиоактивног цезијума, десалинизација морске воде, антидот за отрове, технологија сензора...



Слика 1. „Звездана ноћ“, Van Gogh (1889.), уље на платну



Слика 2. „Хемичар и помоћник у лабораторији“, слика (1827.) [1]

Берлинско плаво



- отпорно према разблаженим киселинама, разлажу га концентроване киселине и алкалије, при јаком загревању се ослобађа HCN, постојаност на светлу углавном добра
- плави пигмент; зелени пигмент (у комбинацији са жутим пигментима)



Слика 3. Уљана боја Cranfield [2]



Слика 4. Паковање берлинског плавог, pro analysi [3]



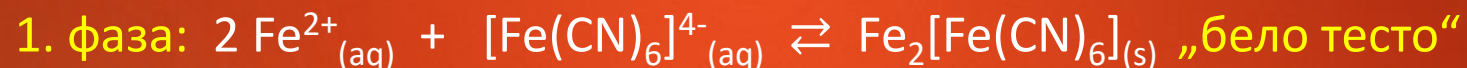
Слика 5. Прах берлинског плавог [3]

Берлинско плаво: методе синтезе

директна синтеза



индиректна синтеза



- као оксидациона средства за превођење „белог теста“ у берлинско плаво могу се користити KClO_3 , H_2O_2 ...

Берлинско плаво: наш предлог синтезе

➤ Припрема раствора

- раствор А (13,8 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворити у 50 ml воде; 10% вишка FeCl_3 !)
- раствор Б (14,7 g $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ растворити у 100 ml воде)

- Раствор А континуирано додавати (капалицом од 50 - 100 ml или ручно из чаше) у раствор Б уз мешање садржаја ерленмајера (употреба магнетне мешалице).
- Настали талог берлинског плавог филтрирати преко Бихнеровог или обичног левка кроз филтер-хартију за брзо цеђење.
- Након цеђења, заостали тамноплави талог три пута испрати порцијама од 20 ml дестиловане воде.
- Филтер-хартију са талогом пребацити на сахатно и оставити да се осуши на ваздуху или у сушници на 90 °C.
- ❖ Теоријски принос берлинског плавог применом описане методе износи 10,0 g.



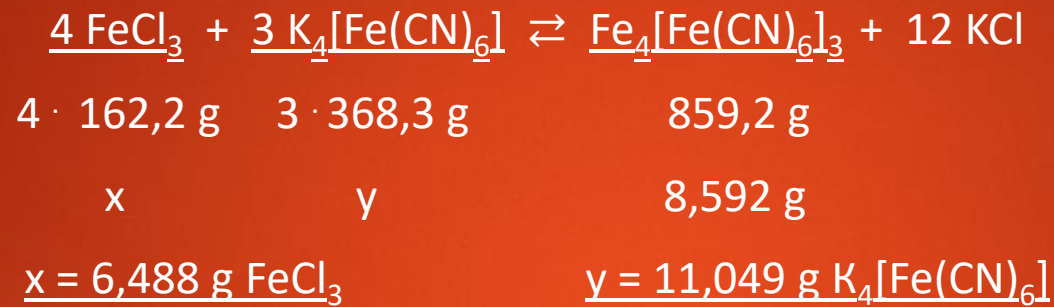
Слика 6. $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ [4]



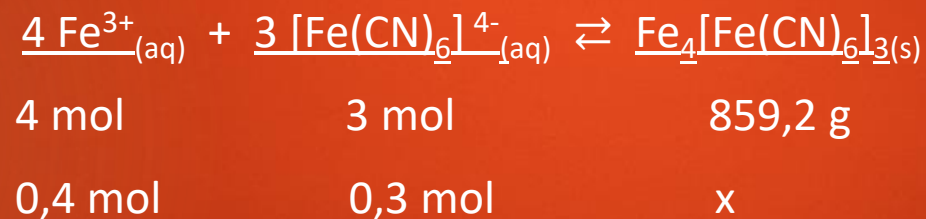
Слика 7. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ [5]

Предлози рачунских задатака

1. Израчунати масе чврстих реактаната, FeCl_3 и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, које је потребно растворити у одговарајућим запреминама воде ради припремања 8,592 g плавог пигмента, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.



2. Која маса берлинског плавог настаје у реакцији раствора који садрже 0,80 mol гвожђе(III)-хлорида и 0,30 mol калијум-хексацијаноферата(II)?



➤ како је FeCl_3 реактант у вишку (0,40 mol), маса насталог $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ се израчунава у односу на реактант који није у вишку и који се у потпуности троши током реакције, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

$$3 \text{ mol} : 859,2 \text{ g} = 0,3 \text{ mol} : x$$

$$x = \underline{85,92 \text{ g Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3}$$

3. Одредити масе воде и одговарајућих соли које су потребне за припрему следећих раствора:
(а) 150,00 g 12% раствора FeCl_3 ; (б) 200,00 g 7% раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

$$(a) m_{\text{uk}} = 150,00 \text{ g}; \omega = 0,12; m(\text{FeCl}_3) = 150 \text{ g} \cdot 0,12 = \underline{18,00 \text{ g}}; m(\text{H}_2\text{O}) = 150 \text{ g} - 18\text{g} = \underline{132,00 \text{ g}}$$

$$(б) m_{\text{uk}} = 200,00 \text{ g}; \omega = 0,07; m(\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]) = 200 \text{ g} \cdot 0,07 = \underline{14,00 \text{ g}}; m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ g} - 14\text{g} = \underline{186,00 \text{ g}}$$

4. Пре почетка производње пигмента берлинског плавог, у индустријском постројењу је обављено тестирање поступка. За потребе тестирања, технолог је направио 10,00 литара 10% раствора FeCl_3 густине $1,15 \text{ g/cm}^3$. Које масе $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и воде је технолог одмерио током припреме поменутог раствора?

$$m_{\text{uk}} = 10 \text{ dm}^3 \cdot 1,15 \text{ kg/dm}^3 = 11,50 \text{ kg}$$

$$m(\text{FeCl}_3) = 11,5 \text{ kg} \cdot 0,1 = 1,15 \text{ kg}$$

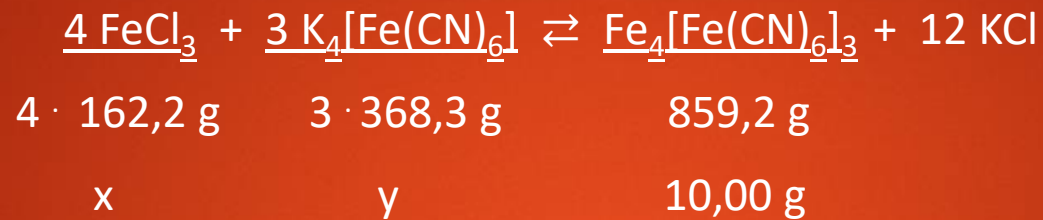
$$f = \text{Mr}(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) / \text{Mr}(\text{FeCl}_3)$$

$$m(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = f \cdot m(\text{FeCl}_3) = \text{Mr}(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) / \text{Mr}(\text{FeCl}_3) \cdot m(\text{FeCl}_3)$$

$$m(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 270,2/162,2 \cdot 1,15 \text{ kg} = \underline{1,92 \text{ kg}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 11,50 \text{ kg} - 1,92 \text{ kg} = \underline{9,58 \text{ kg}}$$

5. Израчунати укупну масу воде потребне за припрему по 100,00 g раствора FeCl_3 и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ од безводних соли, које ће квантитативно реаговати и наградити 10,00 g берлинског плавог, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.



$$648,8 \text{ g} : 859,2 \text{ g} = x : 10,00 \text{ g}$$

$$x = 7,55 \text{ g FeCl}_3$$

$$m_x(\text{H}_2\text{O}) = 100,00 \text{ g} - 7,55 \text{ g}$$

$$\underline{m_x(\text{H}_2\text{O}) = 92,45 \text{ g}}$$

$$1104,9 \text{ g} : 859,2 \text{ g} = y : 10,00 \text{ g}$$

$$y = 12,86 \text{ g K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$$

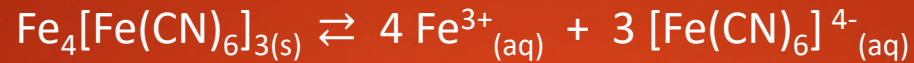
$$m_y(\text{H}_2\text{O}) = 100,00 \text{ g} - 12,86 \text{ g}$$

$$\underline{m_y(\text{H}_2\text{O}) = 87,14 \text{ g}}$$

$$m_{\text{uk}}(\text{H}_2\text{O}) = m_x(\text{H}_2\text{O}) + m_y(\text{H}_2\text{O})$$

$$\underline{m_{\text{uk}}(\text{H}_2\text{O}) = 92,45 \text{ g} + 87,14 \text{ g} = 179,59 \text{ g}}$$

6. Одредити моларну растворљивост $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ у води, уколико је производ растворљивости ове соли $K_{\text{sp}} = 1 \cdot 10^{-40} \text{ mol}^7/\text{dm}^{21}$.



$$K_{\text{sp}} = c(\text{Fe}^{3+})^4 \cdot c([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-})^3$$

$$K_{\text{sp}} = (4x)^4 \cdot (3x)^3 = 256x^4 \cdot 27x^3 = 6912x^7$$

$$x = \sqrt[7]{K_{\text{sp}}/6912} = \underline{5,46 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3}$$

7. Да ли ће доћи до формирања талоба $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ након мешања по 500 ml раствора гвожђе(III)-хлорида и калијум-хексацијаноферата(II) једнаких концентрација, $c = 2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$? $K_{\text{sp}} = 1 \cdot 10^{-40}$

$$V_{\text{uk}} = 2 \cdot 500 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{Fe}^{3+}) = c([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}) = 0,5 \text{ dm}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 / 1 \text{ dm}^3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{Fe}^{3+})^4 \cdot c([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-})^3 = (1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3)^4 \cdot (1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3)^3 = 1 \cdot 10^{-42} \text{ mol}^7/\text{dm}^{21}$$

➤ пошто је $1 \cdot 10^{-42} \text{ mol}^7/\text{dm}^{21} < 1 \cdot 10^{-40} \text{ mol}^7/\text{dm}^{21}$, неће доћи до таложјења $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$

Галерија: синтеза берлинског плавог

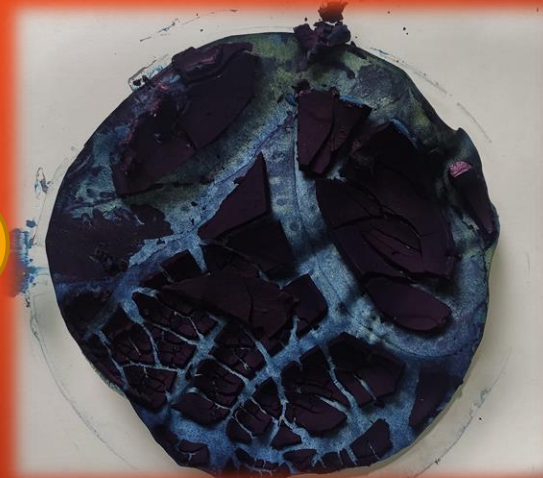
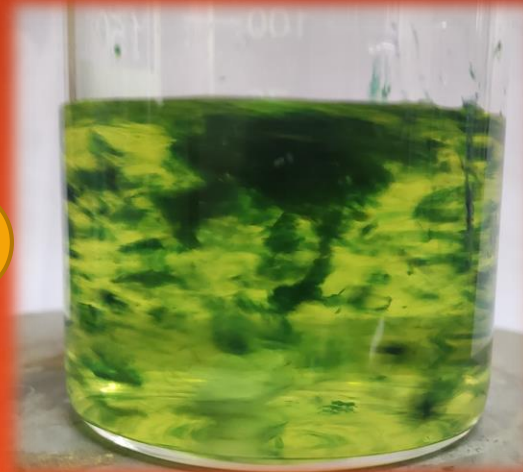


Фото: Слађана Савић; Захваљујемо се: Марији Павловић и Владиславу Симоновићу, студентима Хемијског факултета у Београду, на изведеним експериментима током априла 2023. године

Коначно: како направити плаву уљану боју?

Берлинско плаво



Слика 8. Синтетисани пигмент [6]

Ланено уље



Слика 9. Ланено уље [7]

+

=

Уљана боја



Слика 10. Уљана боја [8]

- Поступак припреме уљане боје: претходно спрашеном пигменту берлинског плавог, у капима и уз стално мешање, додавати ланено уље до постизања жељене конзистенције формиране уљане боје.

Предности

- Једноставна синтеза ефектно обојеног једињења
- Вежбање лабораторијског рада
- Унапређење теоријских знања ученика: раствори, стехиометријска израчунавања, координациона, примењена и неорганска хемија
- Након синтезе берлинског плавог на часовима хемије, пожељно је да добијени пигмент ученици искористе за потребе сликања током похађања наставе ликовне уметности
- Подстицање разумевања ученика о интеграцији теоријских и практичних знања из различитих научних, техничких и технолошких области.
- Разумевање чињенице да интегрисана знања омогућавају, олакшавају и унапређују живот и развој људског друштва!

Референце

- [1] Inv. 56577, © History of Science Museum, University of Oxford
- [2] <https://shop.apfitzpatrick.co.uk/prussian-blue--cranfield-artists-oil-colour-40ml-tube-5424-p.asp>
- [3] <https://sciencekitstore.com/prussian-blue/>
- [4] Ратислав - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=122318351>
- [5] Wilco Oelen - <http://woelen.homescience.net/science/index.html>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15359958>
- [6] Слађана Савић, април 2023. године, Хемијски факултет у Београду
- [7] <https://m.media-amazon.com/images/I/613stgIJbaL.jpg>
- [8] https://i2.wp.com/vasaripaintpov.com/wp-content/uploads/2019/02/PrussBluTitW_1075w65p.jpeg?resize=750%2C613&ssl=1