



Chemistry and Industry for Teachers in European Schools

FORENZNÍ CHEMIE - CHEMIK DETEKTIVEM

Jednoduché experimenty do hodin
chemie

Hans Joachim Bader a Martin Rothweil

Překlad

Eva Stratilová Urválková



Education and Culture

Socrates
Comenius

CITIES (*Chemistry and Industry for Teachers in European Schools*, nebo-li *Chemie a průmysl pro učitele evropských škol*) je projekt programu COMENIUS, který se zaměřuje na vytváření výukových materiálů pro učitele chemie, jež se snaží zatraktivnit své hodiny chemie tím, že se snaží vyučovaná témata začlenit do kontextu chemického průmyslu a každodenního života.

Projektu CITIES se účastní následující organizace:

- Goethe-Universität Frankfurt, Německo, <http://www.chemiedidaktik.uni-frankfurt.de>
- Česká společnost chemická, Praha, Česká republika, <http://www.csch.cz/>
- Jagiellonian University, Krakov, Polsko, http://www.chemia.uj.edu.pl/index_en.html
- Hochschule Fresenius, Idstein, Německo, <http://www.fh-fresenius.de>
- European Chemical Employers Group (ECEG; Skupina evropských chemických zaměstnavatelů), Brusel, Belgie, <http://www.eceg.org>
- Královská chemická společnost, Londýn, Velká Británie, <http://www.rsc.org/>
- European Mine, Chemical and Energy Workers' Federation (EMCEF; Federace evropských těžebních, chemických a energetických společností), Brusel, Belgie, <http://www.emcef.org>
- Nottingham Trent University, Nottingham, Velká Británie, <http://www.ntu.ac.uk>
- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh; Německá chemická společnost), Frankfurt/Main, Německo, <http://www.gdch.de>
- Institut Químic de Sarrià, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Španělsko, <http://www.iqs.url.edu>

Další organizace zapojené do projektu CITIES:

- Newcastle-under-Lyme School, Staffordshire, Velká Británie
- Masarykova střední škola chemická, Praha, Česká republika
- Astyle linguistic competence, Vídeň, Rakousko
- Univerzita Karlova v Praze, Praha, Česká republika



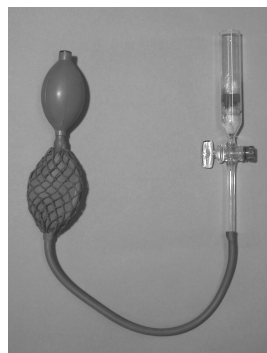
Tento projekt je financovaný za podpory Evropské komise. Publikace vydané v rámci projektu vyjadřují pouze názory autorů, Evropská komise nenesе žádnou zodpovědnost za jakékoli následky způsobené přenosem/využitím informací z těchto publikací. CITIES tým předpokládá, že všichni, kteří využívají uvedený experimentální materiál, znají a dodržují bezpečnostní i jiné předpisy závazné v jednotlivých zúčastněných zemích. CITIES nenesе žádnou zodpovědnost za případné škody vzniklé nesprávným provedením uvedených postupů.

ODHALOVÁNÍ OTISKŮ PRSTŮ POUŽITÍ PRÁŠKŮ PRO DETEKCI OTISKŮ

ZÁKLADY	Všechny prášky zmiňované v následujících experimentech se používají při profesionálním zajišťování důkazů. Všeobecně používanými činidly jsou železný prach a oxid železitý. Výborným povrchem pro zjišťování přítomnosti stop jsou sklo a glazovaná keramika. Zviditelněné stopy pak mohou být odebrány a zajištěny pomocí lepicí pásky, která se i se stopou přenesla na bílý papír.
DOBA TRVÁNÍ	15 min
POMŮCKY	4 jemné štětce, 4 Petriho misky, skleněné nádoby, lepicí páska (pokud možno co nejširší), bílý papír
CHEMIKÁLIE	grafit/tuha, práškový hliník, jemný železný prach, oxid železitý (prach)
BEZPEČNOST	železný prach (hořlavý, F), práškový hliník (hořlavý, F)
POSTUP	Na nádobách nebo jiných materiálech s hladkým povrchem zanechtej otisky prstů. Poté dejte do Petriho misek malá množství jednotlivých prášků a naneste je pomocí štětce na zanechané stopy. Prášky můžete nanášet buď lehkým poklepáním štětce nad stopou nebo stopu přímo zlehka potřete (pozor na rozmazání!). Přebytečný prášek odfoukněte. Na zvýrazněnou stopu přilepte lepicí pásku a otisk opatrně sejměte; pásku přilepte na bílý papír.
POZOROVÁNÍ	Otisk prstu se po posypání objeví ve tvaru papilárních linií v barvě prášku. Pro různé povrchy materiálů se doporučují různé prášky.
VYHODNOCENÍ	Prášek přilne k povrchu stopy díky přitažlivým silám způsobených složkami otisku prstu (voda, tuky, atd.), a proto prášek kontrastními barvami zviditelní otisk prstu.
NAKLÁDÁNÍ S ODPADY	Prášky mohou být využity při opakování experimentu nebo uskladněny jako chemikálie pro další jiné experimenty.

ODHALOVÁNÍ OTISKŮ PRSTŮ POUŽITÍ JODU

ZÁKLADY	Jod se pro detekci stop používá ve formě prášku nebo par, v každém případě ne na místě činu kvůli svým škodlivým vlastnostem (při vdechnutí dráždí sliznice, nebezpečný i při kontaktu s kůží). Jod je dobrým kontrastním činidlem pro takové nosiče stop, jako je papír. Kvůli vysoké těkavosti lze stopy zvýrazněné jodem spatřit po relativně krátkou dobu, proto je nutné stopu vyfotografovat případně jinak zafixovat chemickou reakcí, např. se škrobem.
DOBA TRVÁNÍ	15 min
POMŮCKY	nálevka s kohoutkem, gumový balónek, skleněná vata, gumové zátky, vyvíjecí komora (Erlenmayerova baňka se zátkou), miska s pískem, vaříč, pinzeta, papír, karton/lepenka, ochranné rukavice, stojan
CHEMIKÁLIE	jod
BEZPEČNOST	jod (zdraví škodlivý, Xn; nebezpečný pro životní prostředí, N)
POSTUP	Na papíru nebo lepence zanechejte otisky prstů. Další operace je třeba provádět v digestoři (nebo alespoň při dobrém větrání) a s ochrannými rukavicemi. Varianta 1 (s „jodovým rozprašovačem“): do nálevky s kohoutkem dejte skleněnou vatu, pak jod a nakonec opět skleněnou vatu. K vývodu upevněte gumový balónek (viz obrázek). Na nosič stop naneste jodové páry pomocí tohoto „rozprašovače“. Po skončení uzavřete nálevku gumovou zátkou.



Varianta 2 (s vyvíjecí komorou): na dno větší Erlenmayerovy baňky nasypte lžičku krystalků jodu a

do baňky dejte papír s hledanými otisky. Baňku uzavřete gumovou zátkou, dejte ji na misku s pískem a tu opatrně zahřívejte; lze také postavit ke zdroji tepla – sublimace probíhá bez problémů).

POZOROVÁNÍ Otisky prstů se objeví jako nahnědlé vzory papilárních linií.

VYHODNOCENÍ Jod ulpívá na povrchu stopy díky přitažlivým silám látek ve stopě (voda, tuky, atd.).

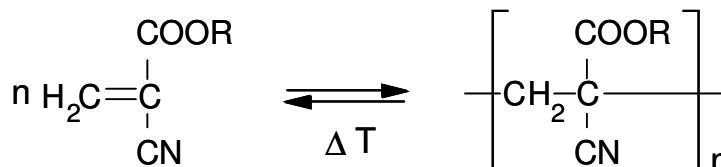
NAKLÁDÁNÍ S ODPADY Krystalky jodu lze ponechat pro další provedení tohoto nebo jiných experimentů, nebo zlikvidovat jako pevný chemický odpad.

RADY Stopy jsou viditelné pouze po krátkou dobu, protože jod je poměrně těkavá látka. Dlouhodobé fixace lze dosáhnout přestříkáním nosiče stop jednocentním roztokem škrobu (stopy zmodrají). Před nanesením roztoku škrobu je dobré nechat odtékat přebytečné množství jodu.

ODHALOVÁNÍ OTISKŮ PRSTŮ POUŽITÍ KYANOAKRYLÁTU

ZÁKLADY

Kyanoakrylátová lepidla jsou jednosložková lepidla na bázi monomerních esterů 2-kyanoakrylové kyseliny. V přítomnosti vody velice rychle vulkanizují – přeměňují se na vysokomolekulární polymery s nerozvětveným řetězcem. Touto metodou mohou být úspěšně odhaleny otisky prstů např. na kovech a skle: otisk zbělá/zešedne. Jako činidlo lze použít kromě monomeru také polymer: zahříváním vzniká z polymeru monomer, který může následně opět polymerovat.



DOBA TRVÁNÍ

30 min

POMŮCKY

velká krystalizační miska (Ø 14 cm), topná deska, teploměr, kádinka (50 ml), odpařovací miska, malý kovový (hliníkový) předmět nebo porcelánový/skleněný předmět obalený hliníkovou fólií, hliníková folie

CHEMIKÁLIE

kyanoakrylát (vteřinové lepidlo), ethanol, oxid hlinitý

BEZPEČNOST

ethanol (vysoce hořlavý, F), kyanoakrylát (dráždivý, Xi). Kyanoakrylát může během několika vteřin slepit kůži či oční víčka.

POSTUP

Jako nosič otisků použijte kovový předmět, např. kávovou lžičku. Předmět lze s úspěchem nahradit např. lodičkou obalenou hliníkovou fólií (lesklou stranou nahoru). Na ethanollem odmaštěný kousek kovového povrchu naneste několik otisků. Všechny následující operace provádějte v digestoři. Velká krystalizační miska bude sloužit jako odpařovací zařízení:

Krystalizační misku naplňte do poloviny vodou. Dovnitř vložte kádinku nebo vyšší Petriho misku s malým množstvím vteřinového lepidla. Nádobku s lepidlem případně podložte velkou pryžovou zátkou nebo jiným předmětem, aby dovnitř nemohla vniknout voda z krystalizační misky. Vedle této nádoby vložte vyšší

odpařovací misku (opět případně vypodloženou, aby na ni nedosáhla hladina vody) s kovovým předmětem nesoucím otisky prstů. Do vody v krystalizační misce ponořte teploměr, celou misku překryjte hliníkovou fólií a aparaturu zahřívejte na topné desce zhruba na 40 – 60 °C. Po několika minutách lze pozorovat vyvíjení světle šedých otisků prstů na kovovém předmětu, případně i na vnitřním povrchu krycí hliníkové fólie.

POZOROVÁNÍ

Otisky prstů na kovovém materiálu se objeví jako šedobílé vzory papilárních linií.

VYHODNOCENÍ

Monomerní kyanoakrylát rychle tvrdne/vulkanizuje na vysokomolekulární nerozvětvenou formu pomocí stopových množství vody. Díky relativně vysokému obsahu vody v otisku prstu dochází k polymerizaci právě na tomto místě.

NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

S použitým kyanoakrylátovým lepidlem zacházejte jako s odpady z domácností.

ZAJIŠŤOVÁNÍ OTISKŮ BOT, NOHOU A VOZIDEL: SÁDRA JAKO ČINIDLO PRO UCHOVÁNÍ STOP

ZÁKLADY	K osvětlení zločinu slouží kromě otisků prstů jako dobré stopy rovněž otisky bot, nohou či vozidel. Tyto stopy lze nalézt v písku nebo kypré půdě. Pokud není možné získat originál stopy, musí se otisk odlít. Pro odlévání se doporučuje zubní nebo běžná sádra. Před odlitím musí být stopa zafixována nějakým fixačním činidlem, což může být lak na vlasy nebo nátěrový lak. V následujícím experimentu se používá lak na vlasy a sádra.
DOBA TRVÁNÍ	45 min
POMŮCKY	mísa na sádro, škrabka, mělká plastová miska (cca 50 - 40 cm), dřevěný nebo lepenkový rám
CHEMIKÁLIE	modelovací sádra, sprej na vlasy, květinový substrát
BEZPEČNOST	-
POSTUP	Mělkou misku naplníte vrstvou květinového substrátu a otiskněte do něj stopu. Stopu zafixujte lakem na vlasy a zajistěte okraje stopy tím, že kolem stopy dáte lepenkový rám. Připravte sádro podle instrukcí na obalu – sádra s vodou by měla mít takovou konzistenci, aby se dala pohodlně přenést do zafixované stopy. Připravenou sádro můžete do stopy buď opatrně nalít nebo ji nanést pomocí špachtle; sádro začnete plnit do nejhlubšího místa stopy. Předtím, než úplně sádra zaschne, odstraňte lepenkový rám. Vrstvu zajišťovacího materiálu (květinového substrátu) však můžete odstranit až po úplném ztvrdnutí sádry.
POZOROVÁNÍ	Odlitek je trojrozměrnou zrcadlovou kopií originálu stopy.
VYHODNOCENÍ	Otisk (v našem případě stopa chodidla) je zafixován pomocí laku na vlasy. Sádra obsahuje hemihydrát síranu vápenatého, který při reakci s vodou vytváří pevný dihydrát síranu vápenatého. $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + 1 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
NAKLÁDÁNÍ S ODPADY	Zbytky sádry se likvidují jako odpad z domácnosti.

RADY

Před pořízením skutečné stopy z přírody musí být stopa řádně očištěna od zbytkových nečistot (listí, kousky dřeva, kamínky, atd.) a případná voda se odsaje savým papírem nebo pipetou. Některé podkladové materiály mají tendenci hodně vstřebávat vodu a odlitek tak nelze dokonale očistit. V takových případech je nutné stopu zafixovat kvalitním nátěrem.

OBNOVENÍ EMBOSOVANÝCH ČÍSEL A PÍSMEN ZVIDITELNĚNÍ ZNIČENÝCH EMBOSOVANÝCH STOP NA MOSAZNÝCH PŘEDMĚTECH

ZÁKLADY

Motory, zbraně a klíče s chráněným profilem jsou typické předměty, které obsahují vlastní unikátní kódy ve formě písmenek, čísel či jiných znaků. Jestliže je tento předmět použit při spáchání zločinu, pachatel většinou odstraní nebo změni stopy, které by ho mohly usvědčit. To se často dělá různým pilováním, škrábáním, vrtáním, obrušováním nebo vyrýváním jiných znaků.

V takových případech používá forenzní technologie metody metalografického leptání, kterým se také někdy říká zvýraznění struktury. Leptáním se totiž zvýrazní změny ve struktuře materiálu, které nastaly původním ražením znaků do kovu. Techniku lze demonstrovat na mosazném nádobí vyleptaném pomocí chloridu železitého. Podrobnosti k přípravě leptacího roztoku naleznete níže.

DOBA TRVÁNÍ

15-30 min

POMŮCKY

(nemagnetické) klíče vyrobené z mosazi nebo alpaky, pilník, smirkový papír (zrnitost 320, 600, 1000), odměrný válec (50 ml), Petriho misky, kleště (pinzeta), kádinka (100 ml), lžička, váhy, váženka, papírové ubrousky

CHEMIKÁLIE

chlorid železitý (bezvodý), HCl (w = 30 %)

BEZPEČNOST

chlorid železitý (zdraví škodlivý, Xn), kyselina chlorovodíková (žíravá, C)

POSTUP

Vyražené znaky v předmětech odstraňte pomocí pilníku tak, aby to vypadalo, že tam nikdy nebyly. Povrch vyhladte smirkovým papírem (320, 600 a 1000). Jestliže používáte vlhčený smirkový papír, musí být dostatečně navlhčen.

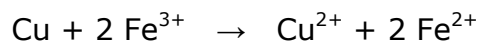
Leptací roztok připravte rozpuštěním 5 g FeCl₃ v 50 ml kyseliny chlorovodíkové. Předměty dejte na 10 min do Petriho misky s leptacím roztokem. Předměty poté opláchněte pod tekoucí vodou a vysušte papírem do sucha. Pokud není výsledek dostatečně přesvědčivý, můžete celý postup několikrát opakovat.

POZOROVÁNÍ

Vyražená čísla či písmena odstraněná pilníkem se zdají pouhým okem neviditelná. Po krátké lázni v kyselém roztoku chloridu železitého jsou vidět jako kontrastní šedá místa.

VYHODNOCENÍ

Při ražení za studena dochází k hlubším změnám materiálu, než je jen samotný vytepaný znak, a proto lze těchto hlubších změn využít k obnovení zdánlivě zničených znaků. Jestliže se tyto části dostanou do styku s oxidačním činidlem (Fe^{3+}), vylučuje se v daném místě elementární kov. Díky narušené struktuře slitiny dochází v místě ražby k rychlejší oxidaci a k vytvoření silnější vrstvičky produktu na povrchu.

**NAKLÁDÁNÍ S ODPADY**

Kyselé roztoky těžkých kovů zneutralizujte a poté likvidujte jako odpad obsahující kovy.

RADY

K dosažení maximální reprodukovatelnosti ve školních podmínkách nemusí být odstraněn celý znak z předmětu.

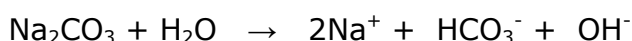
Alpaka obsahuje zhruba 60 % mědi, 20 % niklu a 20 % zinku.

Embosovanými předměty se v našem případě myslí ty, které obsahují vyražené znaky dovnitř kovu nikoli plastické vystouplé znaky.

NEVIDITELNÉ INKOUSTY A PADĚLÁNÍ DOKUMENTŮ

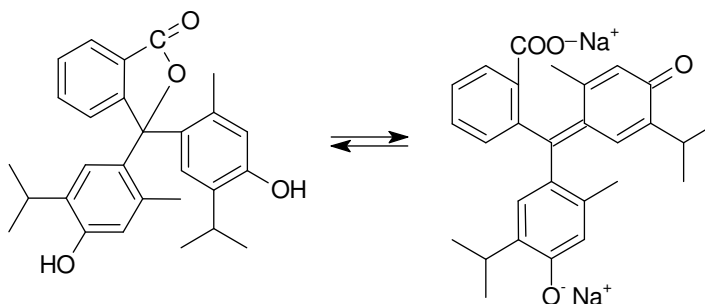
PŘÍPRAVA MODRÉHO NEVIDITELNÉHO INKOUSTU

ZÁKLADY	Thymolftalein je organické barvivo schopné měnit svou strukturu podle pH prostředí. V zásaditém prostředí je modrý, v neutrálním a kyselém prostředí bezbarvý.
DOBA TRVÁNÍ	15-30 minut
POMŮCKY	ládinky (100 ml, 2 x 250 ml), odměrný válec (100 ml), skleněná tyčinka, štětec, velké bílé filtrační papíry nebo papíry do tiskárny, rozprašovač, lžička, váhy, váženka
CHEMIKÁLIE	thymolftalein, ethanol, uhličitan sodný bezvodý, hydroxid sodný
BEZPEČNOST	ethanol (vysoce hořlavý, F), uhličitan sodný (dráždivý, Xi), hydroxid sodný (žiravý, C)
POSTUP	Nejprve připravte následující roztoky: <ul style="list-style-type: none">- 0,04 g NaOH ve 100 ml destilované vody,- 0,04 g thymolftaleinu v 50 ml ethanolu- 0,5 g Na₂CO₃ v 100 ml vody. <p>Nalijte bezbarvý roztok thymolftaleinu do bezbarvého roztoku uhličitanu. Tento roztok můžete použít jako inkoust. Napište štětcem pár slov na papír. Po cca 10 minutách přestříkejte papír roztokem hydroxidu.</p>
POZOROVÁNÍ	Ethanolový roztok thymolftaleinu je bezbarvý. Pokud je tento roztok smíchan s bezbarvým roztokem uhličitanu, vznikne modrý roztok, který lze použít jako inkoust. Po uplynutí zhruba 10 minut inkoust na papíře "zmizí". Přestříkáním papíru roztokem hydroxidu se nápis opět objeví.
VYHODNOCENÍ	Rozpouštěním uhličitanu sodného ve vodě vznikají hydroxidové ionty, roztok má alkalickou povahu



Modrou barvu roztoku způsobuje indikátor thymolftalein, který je přidán k roztoku. Tímto modrým inkoustem lze psát zprávy. Pokud se nechá papír volně na vzduchu, zásadité prostředí je postupně neutralizováno vznikající kyselinou uhličitou (oxid

uhličitý, kterého je ve vzduchu cca 0,03 %, reaguje s vodou v inkoustu za vzniku kyseliny uhličitě). Se změnou pH prostředí se mění i struktura indikátoru – stává se bezbarvým, a proto již nelze přečíst zprávu. Jakmile je na papír nanesen roztok hydroxidu, změní se pH prostředí a modré zbarvení se opět navrátí.



thymolftalein

NAKLÁDÁNÍ S ODPADY Zbývající roztoky lze vylít do odpadu.

NEVIDITELNÉ INKOUSTY A PADĚLÁNÍ DOKUMENTŮ

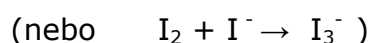
PŘÍPRAVA INKOUSTU VIDITELNÉHO PO KRÁTKOU DOBU

ZÁKLADY	Krátkodobě viditelný inkoust lze jednoduše připravit pomocí škrobu. Jakmile inkoust zaschne, písmo „zmizí“. K psaní je možné použít pouze papír, který neobsahuje škrob . Běžný tiskařský papír však škrob obsahuje, lepší je tedy filtrační papír. Jakmile je neviditelné písmo přestříkáno roztokem jodu v jodidu draselném, zpráva se znovu objeví. Reakcí s thiosulfátem sodným dojde znovu ke zmizení písma.
DOBA TRVÁNÍ	30 min
POMŮCKY	kádinky (100 ml, 3 x 250 ml), odměrný válec (100 ml), magnetická míchačka s vyhříváním, magnetické míchadlo, filtrační papír, 2x rozprašovač, štětec, lžička, skleněné tyčinky, váhy, kopist
CHEMIKÁLIE	jod, jodid draselný (sodný), škrob, pentahydrát thiosulfátu sodného, led
BEZPEČNOST	jod (dráždivý, Xn; nebezpečný pro životní prostředí, N)
POSTUP	<p>Připravte roztok neviditelného inkoustu: ve 100 ml vody rozpustíte 1 g škrobu, přidejte cca 50 ml vroucí destilované vody a zahřívajte roztok dalších zhruba pět minut. Poté přidejte asi 40 ml ledu.</p> <p>Napište na filtrační papír tajnou zprávu a nechejte ho uschnout.</p> <p>Pro zviditelnění zprávy potřebujete roztok jodu. Ten připravte rozpuštěním 1,7 g KI a 2,5 g I₂ ve vodě a doplňte roztok do 100 ml vodou. Roztok nalijte do rozprašovače a přestříkejte jím hledanou zprávu. (Při použití NaI rozpustíte 1,54 g soli.)</p> <p>Zprávu můžete opět zneviditelnit, jestliže ji přestříkáte následujícím roztokem: rozpustíte ve vodě 2,32 g Na₂S₂O₃·5H₂O a roztok doplňte do 100 ml vodou.</p>
POZOROVÁNÍ	Barva původního roztoku inkoustu je slabě viditelná, ale po vyschnutí škrobu je písmo úplně neviditelné.

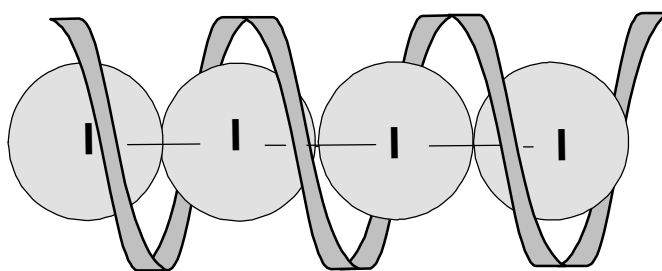
Nanesením roztoku jodu s jodidem draselným písmo zmodrá. Následné přestříkání papíru roztokem thiosíranu sodného písmo opět zmizí.

VYHODNOCENÍ

Jod je za pokojové teploty ve vodě špatně rozpustný. Přidáním KI se jeho rozpustnost ve vodě zvýší. Molekuly jodu I_2 tvoří spolu s jodidovými ionty I_3^- ionty, které jsou ve vodě velmi dobře rozpustné.

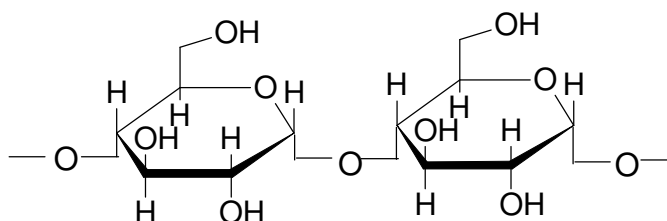


Jod vytváří ve škrobu s amylosou fialovomodrý komplex. Molekuly jodu se vmezeří do prostorových závitů amylosy a toto uspořádání způsobuje modré zbarvení.



Molekuly jodu ve stočené molekule amylosy.

Amylosa vzniká spojením molekul glukos $\alpha(1,4)$ -glykosidickou vazbou, tato vazba způsobuje vznik šroubovice v prostoru.



Spojení molekul glukosy, které vytvářejí amylosu

Rozpuštěním jodu a jodidu draselného ve vodě vzniká červenohnědý roztok. Jestliže se jod nanesením na papír dostane na místo se škrobem, vnikne do amylosy a vzniklý modrý komplex zviditelní písmo.



Molekuly jodu I_2 , čili elementární jod musí být přítomen, aby vznikl komplex se škrobem, přesněji amylosou. Thiosíran sodný písmo zneviditelní tím, že redukuje jod na jodidové ionty, které netvoří s amylosou barevný komplex. Thiosíran ($S_2O_3^{2-}$) se reakcí s jodem oxiduje na tetrathionatan ($S_4O_6^{2-}$).

NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

Roztok škrobu lze vylít do kanalizace. Zbytek jodu a jodidu draselného společně s thiosulfátem sodným likvidujte jako těžké kovy.

NEVIDITELNÉ INKOUSTY A PADĚLÁNÍ DOKUMENTŮ

NEVIDITELNÉ PERO

ZÁKLADY	„Neviditelné pero“ je komerčně dostupný nástroj naplněný „neviditelným“ inkoustem. Zprávy, které jsou jím napsány, lze přečíst jedině s pomocí mini UV lampy, která je součástí pera.
DOBA TRVÁNÍ	1 minuta
POMŮCKY	Neviditelné pero (Pero s neviditelným inkoustem), UV lampa, papír
CHEMIKÁLIE	-
BEZPEČNOST	-
POSTUP	Napište zprávu na papír pomocí pera s neviditelným inkoustem. Poté osvětlete papír UV lampou.
POZOROVÁNÍ	Zpráva je nejprve neviditelná, ale v UV světle se jeví jako světle modré (fialové) písmo.
VYHODNOCENÍ	„Neviditelné pero“ obsahuje blíže neurčenou látku, která neabsorbuje viditelné světlo, a proto se jeví jako bezbarvá. Jakmile je však látka osvětlena světlem o vlnových délkách v UV oblasti, tyto vlnové délky látka absorbuje a tudíž i vyzařuje světlo v této vlnové oblasti (luminiscence). Luminiscence je jev, kdy elektron přejde z energeticky vyšší hladiny na nižší, přičemž vyzáří energii ve formě světla.
RADY	„Neviditelné pero“ lze v ČR sehnat spíše jako „Pero s neviditelným inkoustem“, cena cca 100,- Kč.

KREV

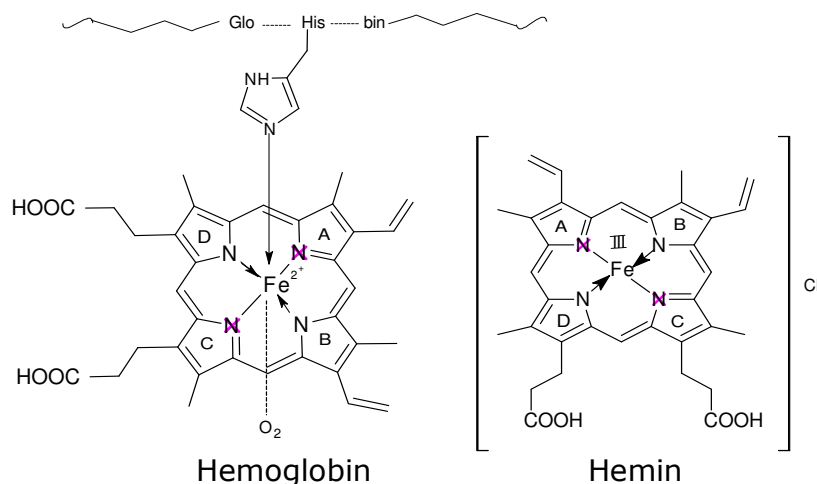
HEMOGLOBINOVÝ TEST (TEICHMANNŮV TEST, V. 1)

ZÁKLADY

Červené krvinky obsahují barevný transportní metaloprotein, hemoglobin, který se skládá z barevné složky, hemu, a proteinové části, globulinu – ty dohromady tvoří komplex. Molekula hemoglobinu obsahuje čtyři globiny a na ně navázané hemy, z nichž každý sestává z modifikovaného porfyrinového kruhu s navázaným železem (Fe^{2+}). Právě tento systém je přenašečem kyslíku v krvi.

Molekula kyslíku se váže na železnatý ion bez jakékoli změny redoxního čísla. Hem se může změnit na hematin, kde je železo v oxidačním stavu III.

Následující Teichmannův test dokazuje přítomnost krve ve vzorku, který může být i několik staletí starý. Test je zde popsán ve dvou provedeních.



DOBA TRVÁNÍ

30 minut

POMŮCKY

mikroskop (500x zvětšení), třecí miska s tlučkem, kahan, kapátko, podložní a krycí sklíčko, držák na zkumavky

CHEMIKÁLIE

chlorid sodný, konc. kyselina octová, vepřová krev

BEZPEČNOST

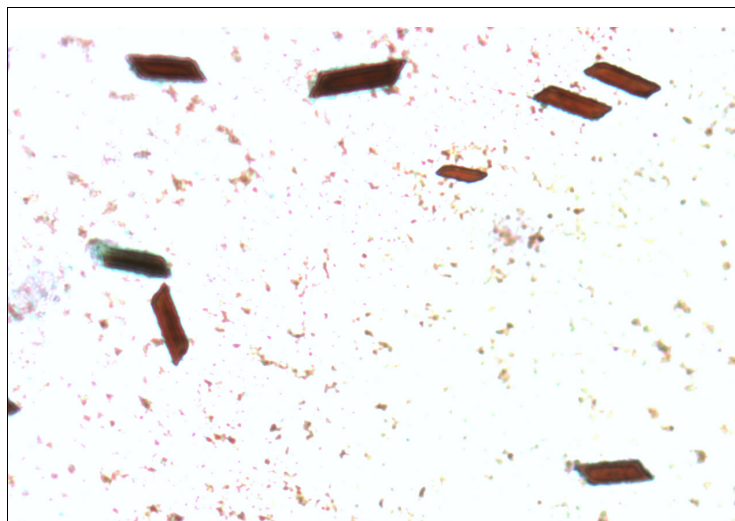
kyselina octová (žiravá, C)

POSTUP

Na podložní sklíčko kápněte kapku krve a rozetřete ji druhým sklíčkem; kapku nechejte 5-10 minut schnout. Mezitím si v třecí misce rozetřete trošku (!) chloridu sodného. Jakmile krev zaschne, seškrábněte ji na druhé

sklíčko, přidejte na špičku kopistku chloridu sodného a zakápněte dvěma kapkami kyseliny octové. Přikryjte vzorek krycím sklíčkem a opatrně zahřívejte v plameni k varu.

Po ochlazení sklíčka pozorujte vzorek pod mikroskopem. Začněte od nejmenšího zvětšení, až uvidíte zřetelně krystaly (viz obr).



(zdroj: lfbz Chemie Frankfurt/M.;
160x zvětšení, světelný mikroskop)

POZOROVÁNÍ

Pod mikroskopem lze spatřit mnoho krystalů. To jsou krystaly chloridu sodného, které se nerozpustily a nereagovaly. Až při větším zvětšení se objeví mnoho jemných, jehlovitých krystalů tmavě hnědé barvy.

VYHODNOCENÍ

Teichmannovy krystaly jsou krystaly, ve kterých se nachází chlorid hematinu (hnědá barva) – hemin.

NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

mikroskopická sklíčka se likvidují jako domácí odpad.

RADY

Mikroskopické sklíčko může při vysokých teplotách prasknout (ochranné brýle!).

Místo krycího sklíčka lze použít druhé podložní sklíčko nebo krycí sklíčko vůbec nepoužít.

Příliš mnoho NaCl maskuje krystaly heminu.

Podložní sklíčko se může v plameni „zakouřit“.

KREV

HEMOGLOBINOVÝ TEST (TEICHMANNŮV TEST, v. 2)

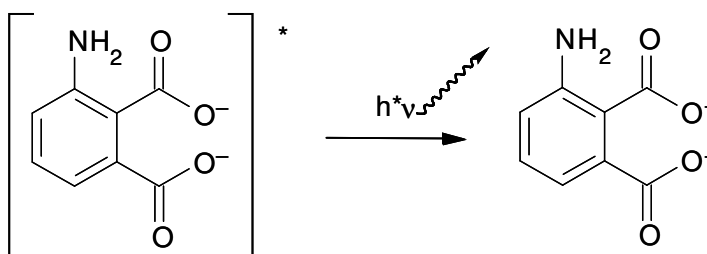
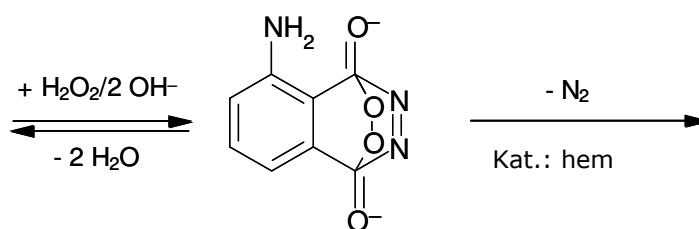
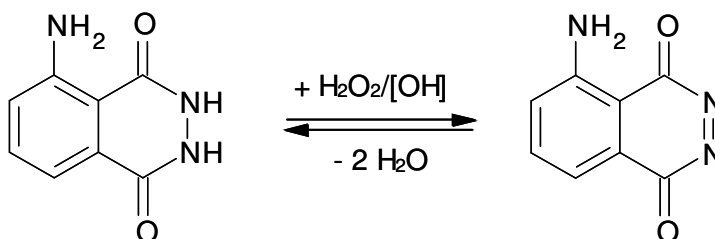
<u>DOBA TRVÁNÍ</u>	20 min
<u>POMŮCKY</u>	jako v předchozí variantě, navíc odměrný válec 10 ml a zkumavka
<u>CHEMIKÁLIE</u>	viz předchozí provedení
<u>BEZPEČNOST</u>	kyselina octová (žíravá, C)
<u>POSTUP</u>	<p>Do zkumavky dejte 2 ml krve, trošku NaCl a tři až čtyři kapky kyseliny octové; zamíchejte. Roztok opatrně zahřejte v modrém plameni kahanu, nechejte odpařit roztok na 2/3 původního množství.</p> <p>Po ochlazení dejte kapku roztoku na podložní sklíčko, a rozetřete ji. Až kapka uschne, pozorujte krystaly pod mikroskopem – začněte od nejmenšího zvětšení do doby správného zaostření. Krystaly musí být zřetelně viditelné.</p>
<u>POZOROVÁNÍ</u>	I v tomto případě jsou viditelné přebytečné krystaly NaCl, ale méně než v prvním případě. Mezi krystaly se nacházejí rhombické hnědé krystaly heminu, s lehce modravým povrchem. Krystalků heminu je o dost méně než NaCl, ale jsou naproti tomu snáze rozeznatelné.
<u>VYHODNOCENÍ</u>	Teichmannovy krystaly jsou krystaly, ve kterých se nachází chlorid hematinu – hemin (viz struktura v první variantě).
<u>NAKLÁDÁNÍ S ODPADY</u>	Mikroskopická sklíčka se likvidují jako domácí odpad.
<u>RADY</u>	Ve zkumavce může díky viskozitě směsi dojít k utajenému varu (ochranné brýle!)

KREV

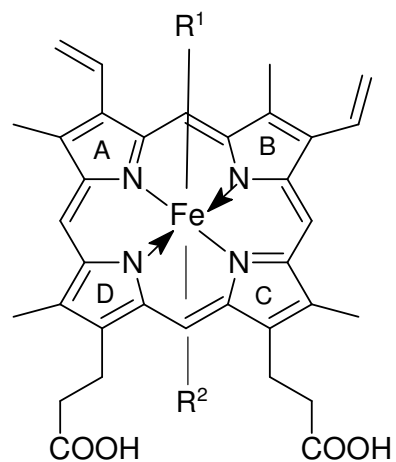
ZJIŠŤOVÁNÍ STOP KRVE POMOCÍ LUMINOLU

ZÁKLADY	Bezpečná a charakteristická metoda využívající vodného roztoku luminolu odhalí i stopové množství krve, které je pouhým okem neviditelné. Luminol totiž ve spojení s peroxidem vykazuje silnou chemiluminiscenci: během reakce dochází k přeměně chemické energie v elektrickou, která je vyzářena ve formě světla. (zdroj: www.experimentalchemie.de)
DOBA TRVÁNÍ	30 minut
POMŮCKY	kádinky (100 ml, 250 ml), stříčka, dva pásy bavlněné látky, odměrný válec (10 ml), lžička, váhy, pipety, rukavice
CHEMIKÁLIE	luminol (5-amino-2,3-dihydroftalazin-1,4-dion), uhličitan sodný, peroxid vodíku (w = 30 %), vepřová krev, kečup
BEZPEČNOST	peroxid vodíku (žiravý, C), uhličitan sodný (dráždivý, Xi)
POSTUP	Na kousek bavlněné tkaniny nakapejte několik kapek vepřové krve, na druhý kousek látky kečup. Do 250 ml kádinky připravte roztok luminolu: 0,1 g luminolu a 5 g uhličitanu sodného rozpustíte ve 100 ml destilované vody a přidejte 15 ml peroxidu vodíku. Přelijte roztok do stříčky nebo rozprašovače tak, aby nerozpuštěný zbytek zůstal v kádince. Tkaninu s pravými a falešnými krevními stopami umístěte do temného prostoru (např. přivřená skříň) a postříkejte roztokem z rozprašovače. Pokud se nedostaví žádný efekt, postřík zopakujte.
POZOROVÁNÍ	Po přestříkání místa s krví se místo rozsvítí namodralým světlem. Akci můžete několikrát opakovat. Skvrna s kečupem neposkytuje žádnou reakci.
VYHODNOCENÍ	Luminol podléhá v zásaditém prostředí oxidaci peroxidem vodíku na diazochinon a postupně až na peroxodeanion. Z oxidačního produktu se za katalýzy hemovou skupinou odštěpuje molekula dusíku a vzniká excitovaný anion kyseliny aminorftalové. Vyzářením

energie v podobě světla molekula opět dosahuje základního energetického stavu.



Reakce roztoku luminolu s krví (v přítomnosti peroxidu vodíku); katalyzátor – hem.



Hem (v užším slysu: protoferro hem - Fe²⁺ komplex protoporphyrinu)

NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

Zbytek luminolu neutralizujte zředěnou HCl a vylijte do odpadu.



Tato práce je licencována nekomerční licencí Creative Commons Attribution-Non-commercial-No Derivative Works 3.0 Unported License. Kopii licence získáte návštěvou stránek <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> nebo zašlete dopis na adresu Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.