

Autory návodů jsou Hans Joachim Bader a Martin Rothweil z projektu CITIES, ověření, popř. úpravy experimentů, návod č. 10 a fotodokumentaci zajistily Renata Šulcová, Hana Böhmová a Eva Stratilová Urválková z KUDCH PřF UK

1. Otisky prstů – použití prášků

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 přenesou na bílý papír.

Zadání: Pomocí prášků sejměte své otisky prstů ze skleněného nádobí.

Chemikálie: grafit/tuha, práškový hliník, jemný železný prach, oxid železitý (prach)

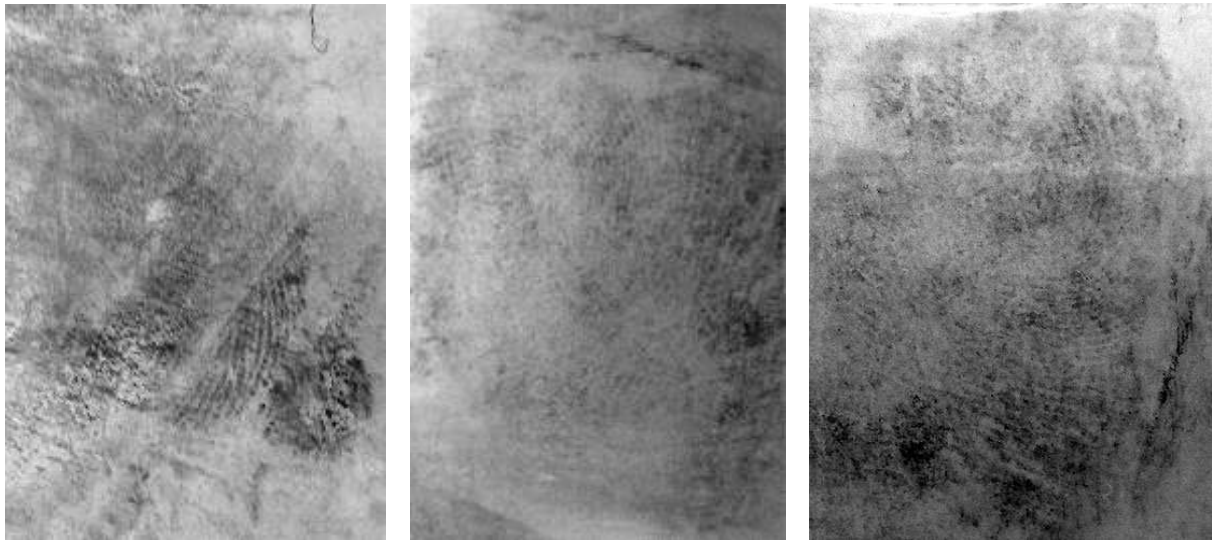
Pomůcky: 4 jemné štětce, 4 Petriho misky, skleněné nádobí, lepicí páska (pokud možno co nejširší), bílý papír

Postup:

Na nádobách nebo jiných materiálech s hladkým povrchem zanechejte otisky prstů. Poté dejte do Petriho misek po malých množstvích 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!). Přebytný 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. Prášek přilne k povrchu stopy díky přitažlivým silám způsobených složkami otisku prstu (voda, tuky, atd.), a tak zviditelní otisk prstu.



otisky prstů

2. Otisky prstů – použití jodu

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.

Zadání: Pomocí par jodu odhalte otisky prstů na proužku papíru.

Chemikálie: jod

Pomůcky: vyvíjecí komora (Erlenmeyerova baňka se zátkou), miska s pískem, vaříč, pinzeta, papír, karton/lepenka, ochranné rukavice

Postup:

Na papíru nebo lepence zanechejte otisky prstů. Další operace je třeba provádět v digestoři (nebo alespoň při dobrém větrání) a s ochrannými rukavicemi. Na dno větší erlenky nasypejte 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. Jod ulpívá na povrchu stopy díky přitažlivým silám látek ve stopě (voda, tuky, atd.).



otisk zviditelněný jodem



vyvolávání otisku ve vyvíjecí nádobě

3. Otisky prstů – použití kyanoakrylátu

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 zbledá/zešedne. Jako činidlo lze použít kromě monomeru také polymer: zahříváním vzniká z polymeru monomer, který může následně opět polymerovat.

Zadání: Pomocí vteřinového kyanoakrylátového lepidla odhalte otisky prstů na kovovém povrchu.

Chemikálie: kyanoakrylát (vteřinové lepidlo), ethanol, oxid hlinitý

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, pryžové zátky na podložení

Postup:

Jako nosič otisků použijte kovový předmět, např. kávovou lžičku. Předmět lze s úspěchem nahradit např. lodičkou obalenou hliníkovou fólií (lesklou stranou nahoru). Na ethanolom 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 vypořodloženou, 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 zahřívajte 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.



šedé stopy po otiscích prstů na alobalem potažených předmětech



příprava aparatury pro vyvolání otisků prstů

4. Otisky prstů – ninhydrin

Ninhydrinová metoda je vhodná zvláště pro takové nosiče stop, jako jsou různé typy papírů, pro velkoplošné vyšetřování na hrubých tapetách nebo i pro několik let staré stopy.

Zadání: Pomocí roztoku ninhydrinu odhalte otisky prstů na papíře.

Chemikálie: ninhydrin, ethanol, kyselina octová (w = 99-100 %)

Pomůcky: 2 kádinky (100 ml), odměrný válec (50 ml), pipeta (5 ml), nástavec na pipetu, skleněná tyčinka, pinzeta, rozprašovač, sušárna (žehlička, fén), papír, lžička, váhy, váženka

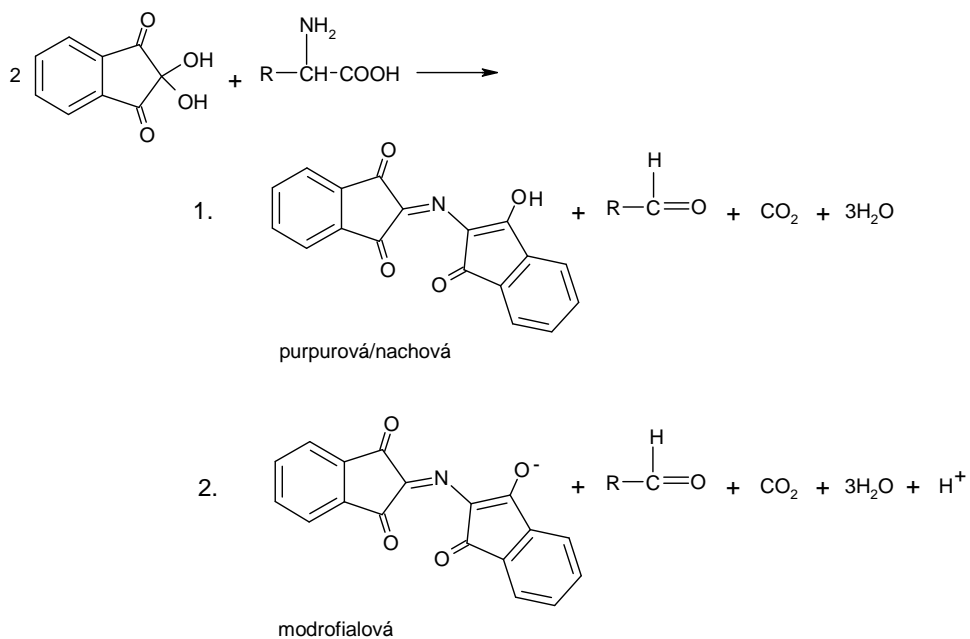
Postup:

Jako nosič stop je ideální papír do tiskárny. Všechny následující operace musí být provedeny v digestoři a s ochrannými rukavicemi. Nejprve je třeba připravit ninhydrinový roztok: smíchejte 0,1 g ninhydrinu, 50 ml ethanolu a 1,5 ml kyseliny octové; roztok přelejte do rozprašovače. Nosič stop (= papír s otisky) přestříkejte ninhydrinovým roztokem a nechte volně usušit. Poté papír zahřejte v sušárně nebo horkovzdušnou pistolí, než se objeví nachová barva otisků. Pokud použijete žehličku, přikryjte vzorek ochranným listem papíru. Pokud není výsledek přesvědčivý, proces zopakujte.

Pozorování:

Roztok kyseliny octové zvýrazní otisky prstů do nachové (purpurové) barvy. Roztok bez kyseliny octové zbarví otisky prstů do fialova (modra). Ninhydrin (2,2-dihydroxy-1,3-indandion) je vysoce citlivé činidlo na aminokyseliny, polypeptidy a proteiny, které se v

našem případě dostanou na papír s otiskem prstu. Během ninhydrinové reakce dojde nejprve k dekarboxylaci aminokyseliny, vzniklý amin pak podléhá oxidační deaminaci. Ninhydrin zde vystupuje jako oxidační činidlo a sám se přeměňuje na růžově/modrofialově zbarvený produkt.



Reakce ninhydrinu s aminokyselinami v kyselém (1.) a neutrálním (2.) prostředí



otisky prstů po ninhydrinové reakci



vyvíjení otisků horkovzdušnou pistolí

5. Otisky prstů – dusičnan stříbrný

Otisky prstů obsahují kromě vody a tuku také ionty, např. chloridové, které se vylučují kůží. Ty mohou být detegovány pomocí dusičnanu stříbrného. Chlorid stříbrný se vylučuje jako bílá sraženina a vlivem světla se pak rozpadá.

Zadání: Dusičnanem stříbrným odhalte otisky prstů na papíře.

Chemikálie: dusičnan stříbrný, methanol

Pomůcky: kádinka (100 ml), skleněná tyčinka, rozprašovač, vysoušeč vlasů, UV-lampa (366 nm), papír, ochranné rukavice, lžička, odměrný válec, váhy, váženka

Postup:

Na papír naneste otisky prstů. Ve 25 ml methanolu rozpustíte 0,5 g AgNO_3 a pomocí rozprašovače jím postříkejte papír s otisky. Tato část musí být provedena v digestoři a s použitím ochranných rukavic. Poté papír vysušte a dejte na slunce nebo osvětlete v UV světle (366 nm cca 2-3 min) do doby, než otisky prstů zcela vyniknou.

Otisky můžete takto zvýraznit i na skleněných předmětech a bílý otisk tvořený sraženinou AgCl sejmut pomocí lepicí pásky a přenést na tmavý papír.

Pozorování:

Otisky prstů jsou pozorovány jako fialové, někdy šedo černé papilární linie. V případě odhaování otisků na skle jako bílá sraženina. Stříbrné ionty jsou nejprve nastříkány na nosič stop, kde reagují s chloridy, které jsou vylučovány v lidském potu ve formě otisku prstu. Vzniklá sraženina chloridu stříbrného se důsledkem záření rozpadá na chlor a elementární stříbro, které zvýrazní otisky prstů.



otisk prstu výrazněný stříbrnými ionty

6. Sádra jako činidlo pro uchovávání stop

Pro 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.

Zadání: Zhotovte odlitek stopy zanechané obuví či jiným přemětem.

Chemikálie: sádra na odlitky, sprej na vlasy, květinový substrát nebo jemný písek, modelovací hmota

Pomůcky: mísa na sádro, škrabka, mělká plastová miska (cca 50 - 40 cm), dřevěný nebo lepenkový rám

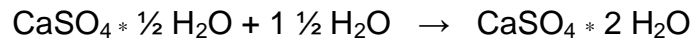
Postup:

Mělkou misku naplňte 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 začněte 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. Situaci lze simulovat i tak, že stopu vytvoříte v modelovací hmotě (modelíně), odlitek je v tomto případě mnohem přesnější.

Pozorování:

Odlitek je trojrozměrnou zrcadlovou kopií originálu stopy. 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.



odlitek podrážky

7. Zviditelnění zničených embosovaných znaků na mosazných předmětech

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 změní 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 mosazných předmětech vyleptaných pomocí chloridu železitého.

Zadání: Pomocí leptacího roztoku zviditelněte vypilované znaky na klíčích.

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

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

Postup:

Vyražené znaky v předmětech odstraňte pomocí pilníku do úplného vybroušení. Povrch vyhladíte smirkovým papírem. Leptací roztok připravte rozpuštěním 5 g FeCl_3 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.

Při ražení za studena dochází k hlubším změnám materiálu, než je jen samotný vytepaný znak, a proto lze těchto hlubších změn využít k obnovení zdnlivě 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.



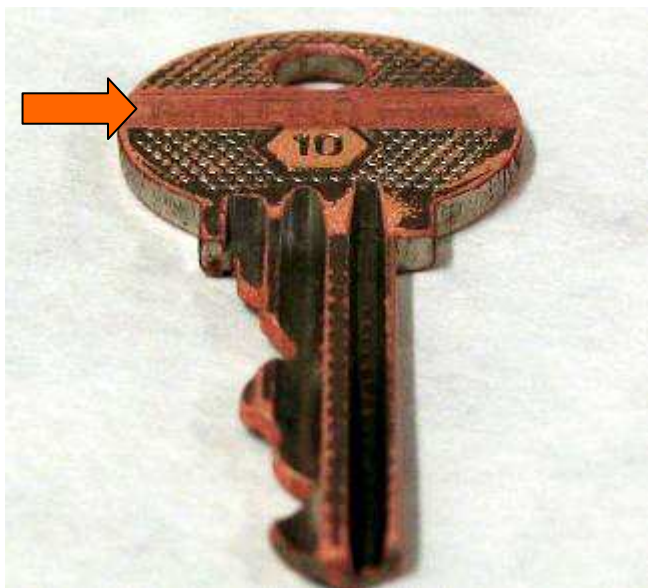
původný a vybroušený klíč



klíč v leptací lázni



klíč po leptání – vybroušený klíč



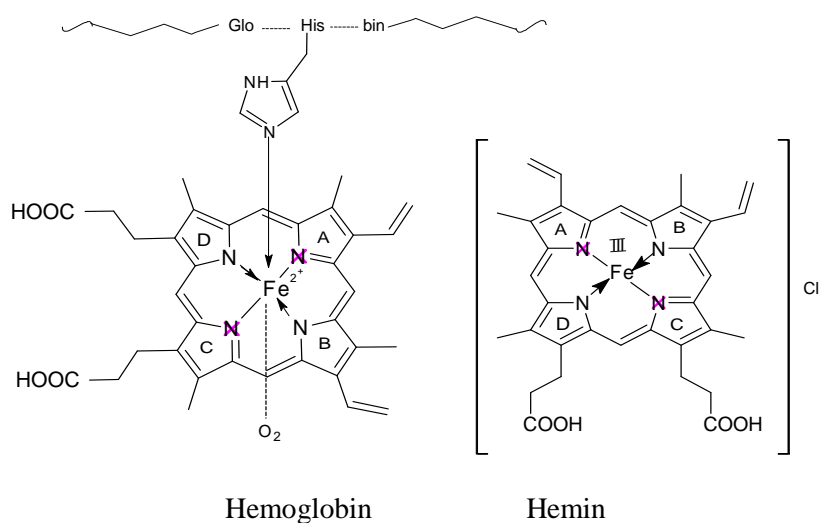
objevující se vybroušený nápis

8. Hemoglobinový test krve (Teichmannův test)

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 provedeníh.



Zadání:

Přípravou Teichmannových krystalů potvrďte, že pracovní vzorek je krev.

Chemikálie: chlorid sodný, konc. kyselina octová, vepřová krev

Pomůcky: mikroskop (500x zvětšení), třecí mísa s tloučkem, kahan, kapátko, podložní a krycí sklíčko, držák na zkumavky

Postup:

Varianta 1: 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.

Varianta 2: 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. 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.

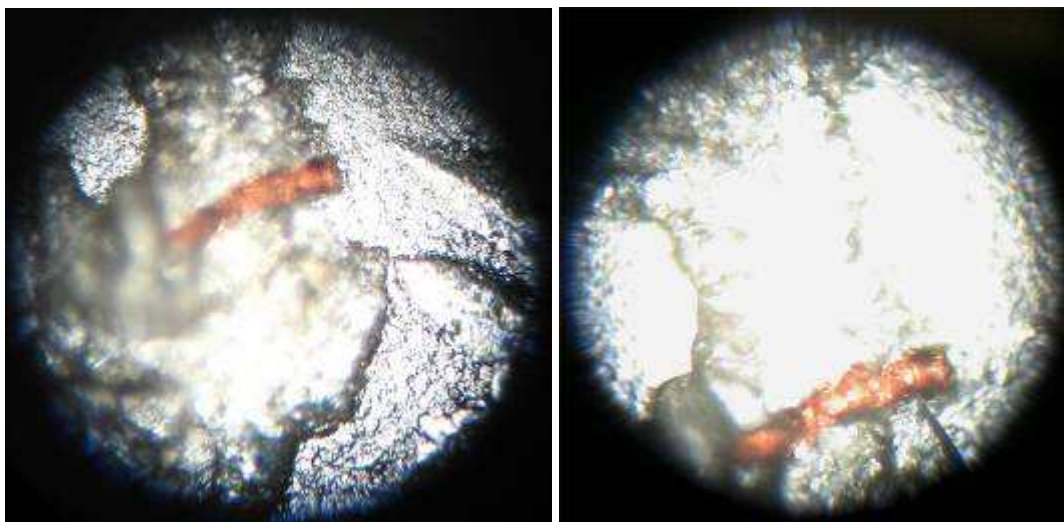
Pozorování:

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

I v druhém 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.



směs na sklíčku



krystaly heminu pod mikroskopem

9. Zjišťování krevních stop pomocí luminolu

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)

Zadání: Pomocí luminolu odhalte pravé krevní skvrny na tkanině.

Chemikálie: luminol (5-amino-2,3-dihydroftalazin-1,4-dion), uhličitan sodný, peroxid vodíku (w = 30 %), vepřová krev, kečup, roztok thiokyanatanu železitého

Pomůcky: kádinky (100 ml, 250 ml), stříčka, dva pásy bavlněné látky, odměrný válec (10 ml), lžička, váhy, pipety, rukavice

Postup:

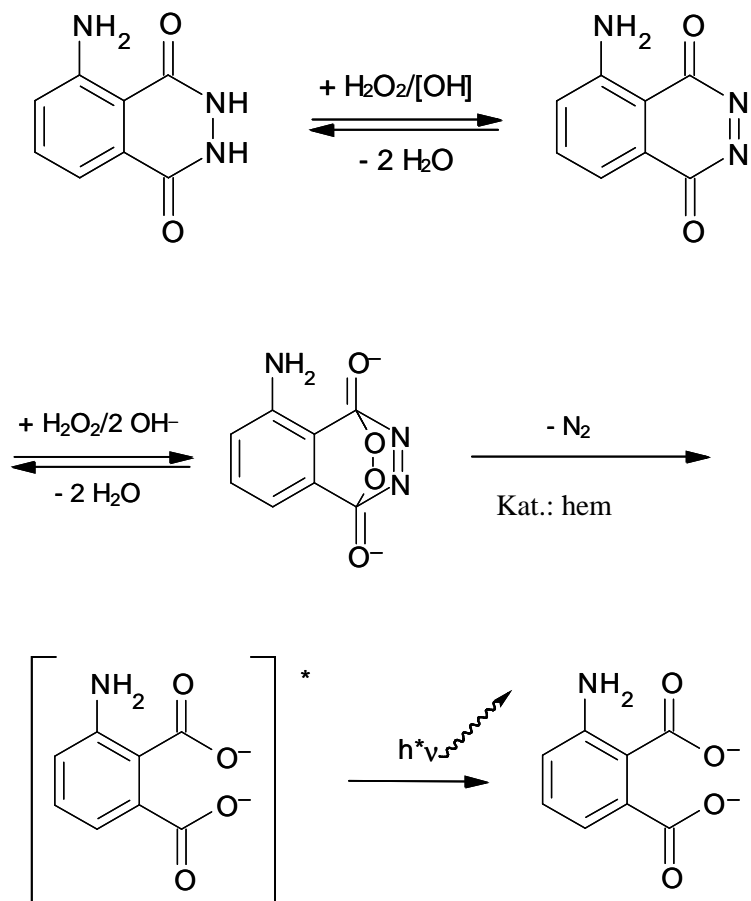
Na kousek bavlněné tkaniny nakapejte několik kapek vepřové krve, kečupu a thiokyanatanu železitého. Do 250 ml kádinky připravte roztok luminolu: 0,1 g luminolu a 5 g uhličitanu sodného rozpustíte ve 100 ml destilované vody a přidejte 15 ml peroxidu vodíku.

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, v případě potíží přidejte více peroxidu vodíku.

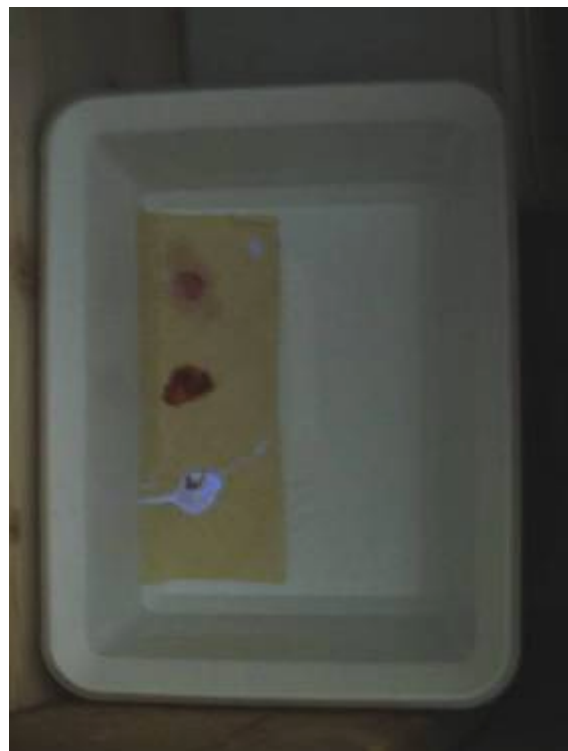
Pozorování:

Po přestříkání místa s krví se místo rozsvítí namodralým světlem. Akci můžete několikrát opakovat. Falešné skvrny nedávají žádnou reakci.

Luminol podléhá v zásaditém prostředí oxidaci peroxidem vodíku na diazachinon a postupně až na peroxideanion. Z oxidačního produktu se za katalýzy hemovou skupinou odštěpuje molekula dusíku a vzniká excitovaný anion kyseliny aminoftalové. Vyzářením energie v podobě světla molekula opět dosahuje základního energetického stavu.



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



10. Přítomnost oxidujících látek

Silná oxidační činidla jako jsou dusičnany nebo chlorečnany, případně organické nitráty či nitrosloučeniny, významně podporují hoření a jsou využívány při zakládání požárů a jako výbušniny a trhaviny.

Zadání: Odhlate a dokažte přítomnost dusičnanů v hořlavém materiálu.

Chemikálie: síran železnatý pevný, kyselina sírová koncentrovaná (w = 96 %), dusičnan draselný (nasycený roztok)

Pomůcky: 7 velkých zkumavek, stojan na zkumavky, kovová miska, špejle, zápalky, stříčka, dvě větší kádinky (100 ml), pruhy filtračního papíru 5 x 15 cm, rukavice, lžička, tyčinka, obyčejná tužka

Postup:

Příprava vzorků: Dva z pruhů filtračního papíru namočte ve vodě, třetí v nasyceném roztoku dusičnanu draselného. Všechny tři vzorky usušte na topení nebo na vzduchu. (Pro žáky můžete připravit předem.)

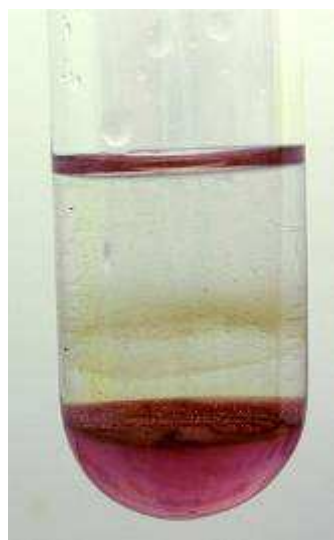
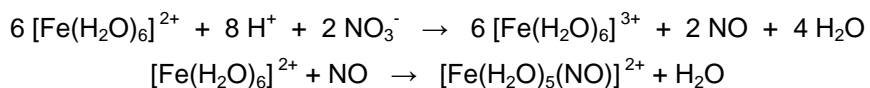
Určení podezřelého vzorku: Usušené pruhy filtračního papíru rozdělte napůl a k sobě patřící kusy označte tužkou shodným číslem. Jednu polovinu každého filtračního papíru vylouhujte ve velké zkumavce v 5 ml teplé vody, druhou polovinu odložte k testu hořlavosti. V kovové misce zapalte několik kousků špejlí a nechte vyhořet, aby vznikly žhavé oharky. Po vyhasnutí plamenů přiložte k oharkům zbylé poloviny filtračních papírů a pozorujte, s jakou snadností hoří. Zapište si číslo vzorku, který je podezřelý z obsahu oxidujících látek.

Důkaz obsahu dusičnanových aniontů v podezřelém vzorku: Extrakty z louhování filtračních papírů přelijte do čistých zkumavek. Vezměte si rukavice a ochranné brýle a do čisté zkumavky odlijte 3 ml koncentrované kyseliny sírové. Vsypete lžičku síranu železnatého, promíchejte. Každý extrakt z filtračního papíru opatrně podvrstvěte 1 ml směsí koncentrované kyseliny sírové a síranu železnatého – směs nalévejte pomalu po stěně zkumavky, aby se usazovala u dna a nedošlo k promíchání s vodným extraktem. Pozor, zkumavka se bude zahřívat! Přítomnost dusičnanů se projeví vznikem hnědého prstence na styku obou vrstev. Zapište si číslo vzorku obsahujícího dusičnany a porovnejte s jeho chováním při styku se žhavými oharky.

Pozorování:

Filtrační papír nasycený dusičnanem draselným prudce hoří po dotyku se žhavými oharky, obyčejné filtrační papíry začínají pouze slabě doutnat a pomalu hnědnou na okrajích. Zónová reakce se síranem železnatým v koncentrované kyselině sírové dává v přítomnosti dusičnanů vylouhovaných z podezřelého vzorku pozitivní výsledek v podobě hnědého prstence na styku obou vrstev. V případě extraktu z obyčejných filtračních papírů nenastávají žádné barevné změny.

Dusičnan draselný jako silné oxidační činidlo zapříčiňuje prudké hoření organického materiálu i při slabším tepelném podnětu (oharky), čehož se využívá v pyrotechnice, jeho působením na filtrační papír vzniká také velmi snadno hořlavá nitrocelulosa, používaná v jiné podobě jako střelná bavlna. Dusičnanové anionty lze vylouhovat zpět do roztoku a dokázat zónovou reakcí se síranem železnatým v koncentrované kyselině sírové. Železnaté ionty redukují v kyselém prostředí dusičnanové anionty na oxid dusnatý, který se následně váže jako ligand za vzniku hnědého nitrosokomplexu:



hoření papíru s a bez obsahu dusičnanu, vpravo pozitivní zónová reakce