

Optické vlastnosti zlatých nanočástic

Daniel Friedrich, Gymnázium Elišky Krásnohorské

Idaniel.friedrich@gmail.com

Supervisor: Filip Havel

Abstrakt: *Práce zkoumá optické vlastnosti zlatých nanočástic a porovnává jejich závislost na jejich tvaru, velikosti a orientaci. Následuje popis pozorování, díky nimž jsme dokázali vizualizovat zlaté nanočástice v nádorových buňkách. V závěru je konzultováno potenciální využití nevšedních optických jevů v mikroskopii a medicíně.*

1 Zlaté nanočástice a jejich struktura

Za lidskou historií se dostalo na nejvyšší příčky vzácných kovů ze dvou důvodů: Díky své schopnosti věčně odolávat korozi a jiným chemickým hrozbám a pozornost upoutávající třpytivé barvě. Pozoruhodných optických vlastností zlata si všimli už Čínští a Egypští alchymisté. Když ho rozpouštěním lučavkou královskou přeměnili do roztoků zlatých solí a chemickou redukcí, vznikla kapalina se vskutku magickými světelnými vlastnostmi. Lidé ji pili jako Elixír mládí a lili jako rudé barvivo do vitrážního skla. Jedním z unikátních artefaktů doby je i Lykúrgův pohár, který při osvětlení propouští červené světlo, ale při osvětlení zvenku odráží světlo zelené.

Moderní rozvoj nanotechnologií však odhalil mnoho skrytých principů optiky zlatých částic. Zatímco pokud bychom krájeli zlaté cihly, barva materiálu by se příliš neměnila, v případě pečlivě oddělených částic nanometrových rozměrů vstoupí do hry efekty elektronového obalu částic – charakter světla, které propouští a rozptýlí, závisí na jejich velikosti a vzájemné vzdálenosti.

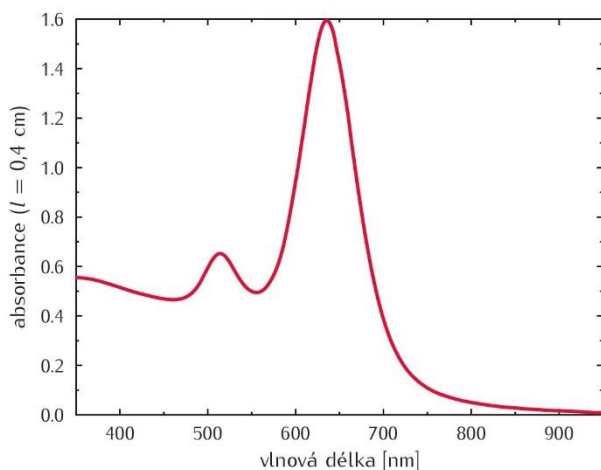
Ve zlatu, jako v kovu, totiž plují volné elektrony – po excitaci světlem začnou koherentně oscilovat jako jeden elektronový obal – plazmon. A pokud se například dvě zlaté částice přiblíží dostatečně blízko, světlo s jejich spřaženými plazmony interaguje docela jinak.

Dnes takové situace můžeme simulovat – pokud izolované nanočástice zlata necháme narůstat v jednom vybraném směru v krystalické soustavě zlata – zlato vytvoří například podlouhlé útvary - nanotyčinky.

2 Optické vlastnosti zlatých nanočástic

Pro optické vlastnosti kulovitých nanočástic jsou tři faktory – světelná absorpce specifická pro materiál, jíž zachytí částice takovou frekvenci světla, jakou umožňuje vůbec jejich struktura

a plazmonem zesílený rozptyl a absorpce v zelené části spektra. Naproti tomu v nanotyčinkách se zvýrazní ještě efekty vyvolané plazmonem.



Obrázek 1 Absorpční spektrum roztoku zlatých nanotyčinek měřené spektrofotometrem

Plazmon se může rozvíjet ve dvou směrech: příčném (*transversálním*) a podélném (*longitudálním*). Ze spektra absorbují tedy ještě dvě frekvence, které můžeme ve absorpčním grafu pozorovat jako dva píky v zelené (méně výrazný efekt s vrcholem v 514 nm) a červené (výraznější s maximem v 633 nm – viz Obrázek 1). Kromě velikosti a tvaru tak optické vlastnosti ještě ovlivňuje orientace vůči polarizaci užívaného světla.

Zároveň pokud necháme částice absorbovat světlo o určité vlnové délce, můžeme pozorovat rozptyl – excitované atomy vyzáří světlo o stejné vlnové délce, jaké světlo na ně necháme dopadat. Těchto vlastností jsme později využili i při pozorování konfokálním mikroskopem.

Zároveň pokud necháme částice absorbovat světlo o určité vlnové délce,

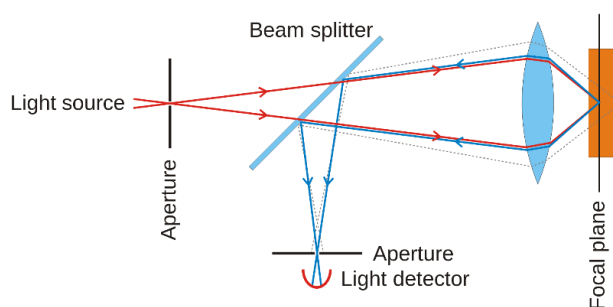
3 Příprava zlatých nanotyčinek pro mikroskopické pozorování

Diamantovým popisovačem jsme vyznačili střed na podložním mikroskopickém sklíčku a pipetou jsme na něj nanесли roztok zlatých nanotyčinek. Díky kationickému solvatačnímu obalu jsme mohli nechat tyčinky samovolně přichytit ke sklíčku. Pak už jsme sklíčko jen očistili destilovanou vodou a osušili dusíkem.

4 Pozorování pod konfokálním a rastrovacím elektronovým mikroskopem

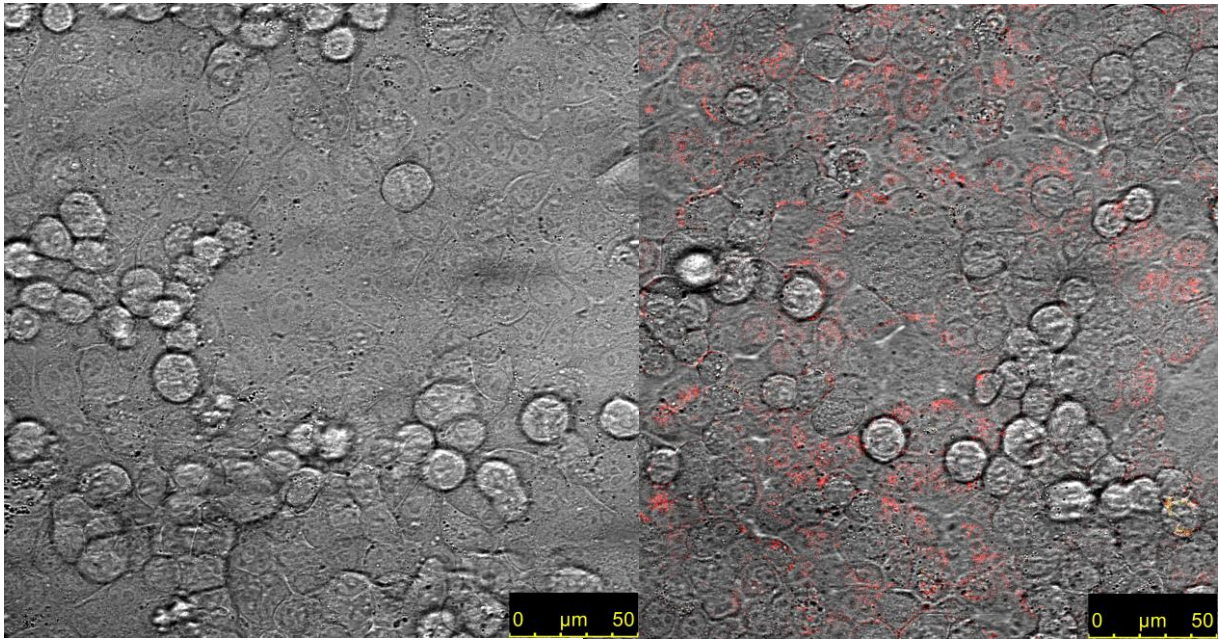
Ve specifických podmínkách jsme následně nechali zlaté nanotyčinky pohltit rakovinnými buňkami HeLa. Zhruba po hodině jsme rakovinné buňky pozorovali pod (optickým) konfokálním mikroskopem Leica TCS SP5.

Konfokální mikroskop (viz Obrázek 2) pracuje jednak se světlem, které pozorovaným objektem projde (absorbce světla) a jednak s laserovým zářením, které zpětně rozptýlí. Abychom zachytili maximální zpětný rozptyl, použili jsme lasery právě o vlnových délkách 514 a 633 nm.



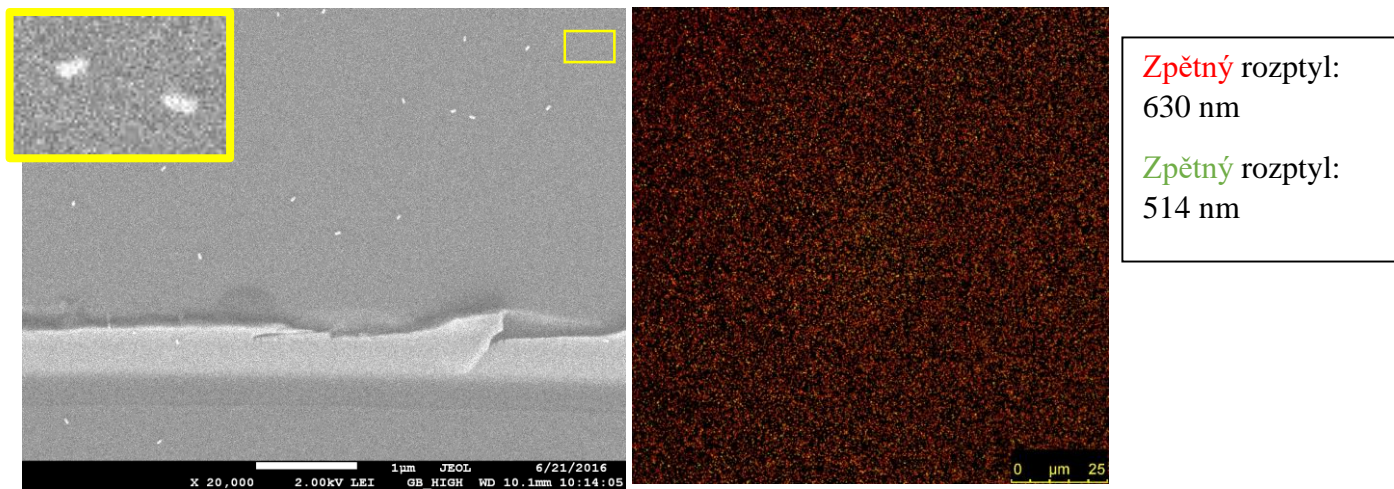
Obrázek 2 Princip konfokálního mikroskopu

Díky porovnání světla detekovaného transmisním kanálem (světlo, které buňkami prošlo) a kanály detekujícími zpětný rozptyl z laserů bylo možné potvrdit, že se skutečně jedná o zlaté nanotyčinky. Zároveň jsme mohli pozorovat, jak se mění orientace, případně shlukování zlatých nanotyčinek ve vzorku – podle toho, jestli byl intenzivnější signál z rezonance červeného, nebo zeleného světla (Obrázek 3).



Obrázek 3 Porovnání vzorku bez zlatých částic a se zlatými částicemi pod konfokálním mikroskopem

Na závěr jsme výsledky porovnali se snímky z rastrovacího elektronového mikroskopu Jeol 7500f (Obrázek 4). Kvůli tomu, že plazmon zlatých nanotyčinek může elektrony podle své náhodné orientace neodhadnutelně odchytil bylo pozorování oproti běžným pozorování organických, nevodivých materiálů mírně zkreslené. Ze získaných dat ale můžeme potvrdit, že obraz odpovídá zlatým nanotyčinkám.



Obrázek 4 Pozorování pod elektronovým rastrovacím mikroskopem ve srovnání s částicemi zobrazenými konfokálním mikroskopem

5 Využití optických vlastností zlatých nanotyčinek

Provedenými pozorováními pod konfokálním mikroskopem jsme mohli alespoň nahlédnout do blízké budoucnosti zlatých nanočástic. Když rakovinné buňky pohltily zlaté nanočástice, simulovali jsme vlastně jednu z možných perspektiv do budoucna – pokud se zlaté nanočástice excitují lasery o daných vlnových délkách, absorpce může vygenerovat takové teplo, že rakovinnou buňku vyřadí z funkce.

Zlaté částice jsou do značné míry biokompatibilní (s lidským imunitním systémem interagují pouze slabě). Pokud by lékař laserem zamířil přímo na nádor, bylo by možné také léčbu cílit přímo na hypocentrum problému. Oproti dnes využívaným metodám tak díky zlatým nanotyčinkám je to potenciálně jedna z cest, jak by mohlo být možné léčit rakovinu cíleně a bez vedlejších příznaků. Celá metoda musí však ještě projít podrobným výzkumem, případně dlouhými klinickými testy.

Zdroje:

- *Optimalizace optotermálních vlastností zlatých nanotyčinek* (Filip Havel, diplomová práce, 2013, školitel Filip Novotný)