

Příprava zlatých plasmonických nanočástic ve vodném prostředí a jejich základní charakteristika

*Matěj Šebek, **Václav Kučera, ***Jan Kurka

*Gymnázium Jiřího Gutha Jarkovského, Praha 1, **Gymnázium Vysoké Mýto, ***Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora

Mates@namarsu.com, kucera.gvmyto@gmail.com,

kurka.jan@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem práce bylo syntetizovat pokud možno monodisperzní koloidní roztok nanočástic zlata a změřit absorpenci ve viditelné oblasti. Pomocí elektronového mikroskopu je prohlédnout a změřit jejich velikost. Součástí experimentu byla demonstrace interakce plasmonu dvou částic v těsné blízkosti navázáním cystaminu přímo v roztoku.

1 Úvod

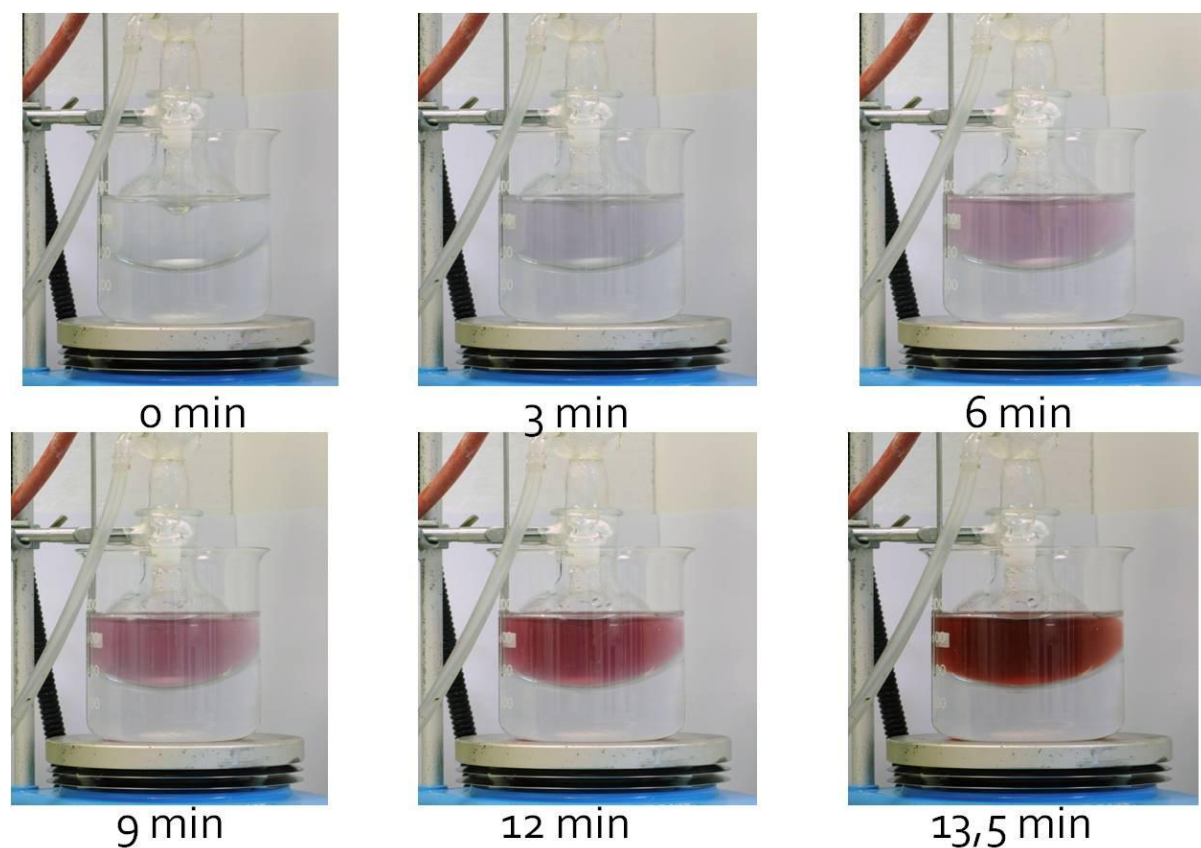
Zlaté nanočástice jsou známy již stovky let. Jsou obsaženy v barevném skle používaném například v oknech kostelů. Až v posledních desetiletích díky rozmachu mikroskopických technik, které umožňují nanočástice pozorovat a charakterizovat, je možno vyrobit tyto částice monodisperzní. Nanotechnologie jsou zajímavé tím, že v rozměrech o řádu nanometrů se projevují jevy, které pozměňují vlastnosti materiálů, jež se v makrosvětě neprojevují (kvantové jevy atd.) Plasmon je jev vznikající na kovové nanočástici, tj. při interakci se světlem osciluje plyn volných elektronů a energie světelné vlny se lokalizuje do těchto kmitů. K lokalizaci dochází na rozhraní kovu a dielektrika. S absorbcí světla souvisí materiálové vlastnosti nanočástice, a proto se se změnou materiálu mění barva kovových nanočástic. Pozorované zlaté nanočástice o průměru kolem 20 nm absorbují elektromagnetické záření o vlnové délce kolem 520 nm, což jim dodává charakteristické červené zbarvení.

2 Turkevichova metoda

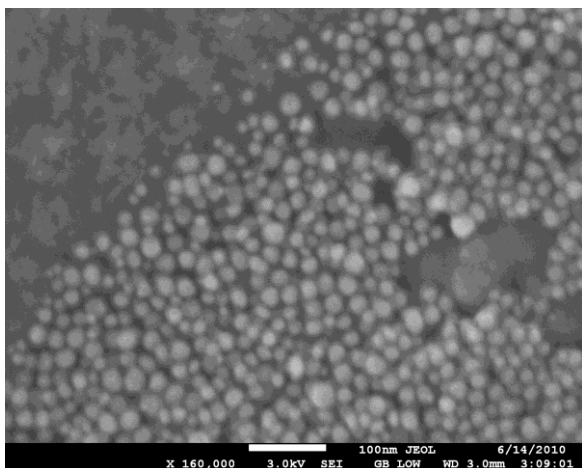
Příprava nanočástic proběhla jednoduchou a známou metodou popsanou v padesátých letech J. Turkevichem a G. Frensem. Ve zkratce: Byl připraven vodný roztok 0.25 mM chloridu zlatitého (HAuCl_4) a v baňce ponořen do olejové lázně. Celá emulze byla ohřata na 1000 C. Poté byl přimíchán 5% roztok citronanu sodného ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$). Ionty zlata se začly redukovat a nukleovat a ionty citronanu je stabilizovaly, čímž došlo k zastavení jejich dalšího růstu. Tím se vytvoří koloidní roztok nanočástic, jejichž velikost závisí na koncentraci vstupních reaktantů.

3 Charakterizace

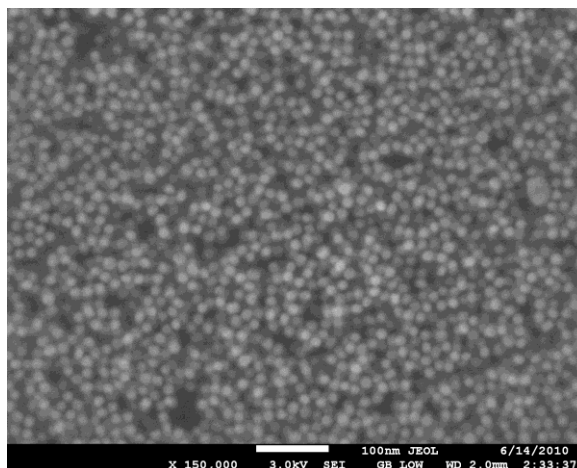
Pomocí spektroskopu byla určena absorpance připravených nanočástic a použitého referenčního roztoku (viz obr č.4). Na elektronovém mikroskopu byl vzorek prohlédnut a ze snímků bylo změřeno více než 400 nanočástic a byla určena hodnota jejich středního průměru a disperze (viz obr č.2). Vzorek byl porovnán s dříve v laboratoři FJFI připraveným vzorkem za stejných podmínek - referenční vzorek (viz. Obr 3,4). U toho bylo také změřeno velikostní rozdělení (viz obr. 5). Poté byl na část vzorku aplikován cystamin $C_4H_{12}N_2S_2$, který způsobí vytvoření dimerů (dvou částic spojených dohromady), plasmon dimerů odpovídá zlatým tyčinkám o poměru stran 1:2. Díky tomu se barva mění z červené na modrou (vis obr. 6).



Obrázek 1: průběh syntézy zlatých nanočástic.

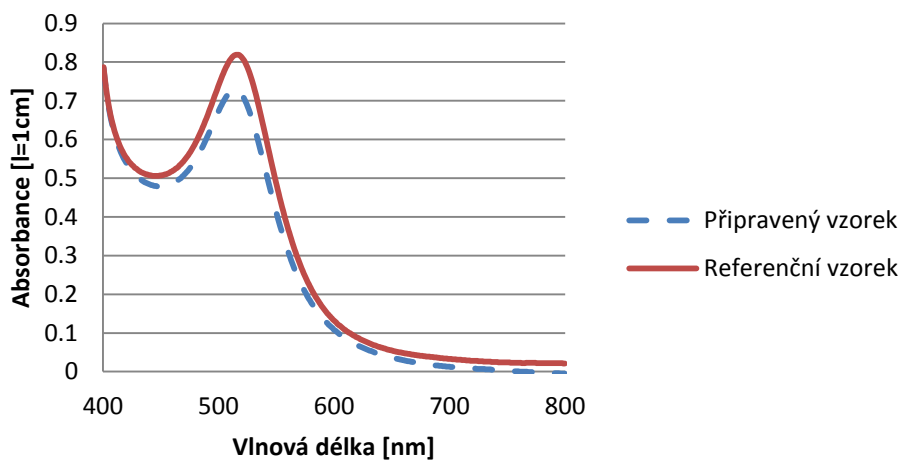


Obrázek 2: SEM snímek připraveného vzorku ZNP



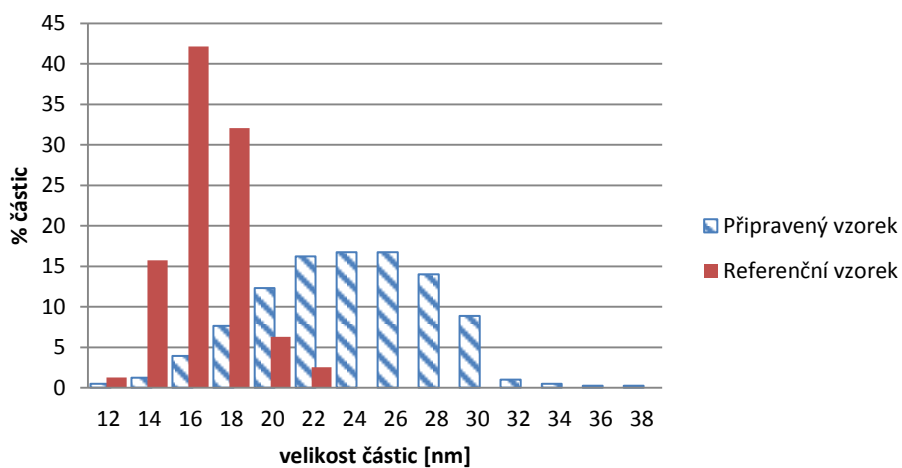
Obrázek 3: SEM snímek referenčního vzorku ZNP

Absorpční spektrum zlatých nanočástic



Obrázek 4: Absorpční spektra připraveného a referenčního roztoku ZNP

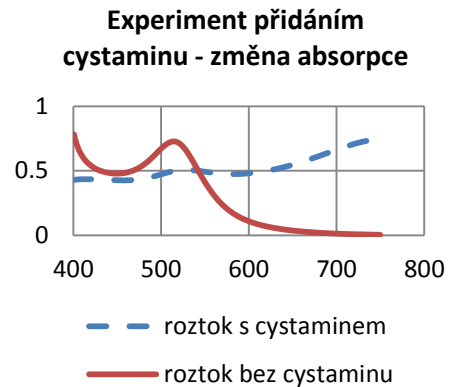
Histogram rozdělení velikostí



Obrázek 5: Velikostní distribuce připraveného a referenčního vzorku ZNP

4 Vyhodnocení

Podařilo se nám připravit 6.89×10^{11} nanočástic/ml se středním průměrem 22.89 nm. Standartní odchylka je 4.21 nm. Pro porovnání jsme měli starší vzorek, jehož průměrná velikost částic činí 15.77 nanometrů a standartní odchylka 1.72 nm. Naše nanočástice mají tedy poměrně velkou disperzi. Byla způsobena nedostatečným promytím skla před syntézou.



Obrázek 6: experiment s použitím cystaminu

5 Použití nanočástic

Jedna z možných aplikací je při magnetické hypertermii, kdy jsou nanočástice vpraveny do nádoru a elektromagneticky zahřívány, čímž dojde ke zničení nádorových buněk. Další možnosti využití v medicíně (většinou zatím ve fázi in vivo a in vitro testů) jsou při léčení Alzheimerovy choroby, revmatoidní artritidy, nebo jako nosiče léku Paclitalexu. Dalším možným použitím je výroba velice citlivých detektorů organických látek, jelikož zlaté nanočástice jsou schopny na sebe vázat specifické molekuly organických látek. Aplikace je však použitelná i v oboru nanoelektroniky, případně u optických vláken. Zajímavé je rovněž studium interakce plasmonu v základním výzkumu.

6 Závěr

Nepodařilo se nám připravit zcela monodisperzní částice, disperze je poměrně velká. V koloidní chemii záleží na spoustě faktorů a které nejsou na první pohled zcela zřejmé. Je však možné, že se nám do roztoku dostala část olejové lázně, která ovlivnila proces nukleace částic.

Díky svým unikátním vlastnostem mají nanočástice do budoucna široké využití a možnosti aplikací.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu garantovi ing. Filipovi Novotnému a Filipovi Havlovi za ochotu a pomoc, FJFI ČVUT za umožnění celé akce, ing. Vojtěchovi Svobodovi za organizování Týdne vědy 2010.

Reference:

- [1] Bartovská Lidmila - Šišková Marie.: Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav 5th ed. Praha : VŠCHT Praha, 2005
- [2] Kimling J, Maier M, Okenve B, Kotaidis V, Ballot H, Plech A.: Turkevich method for gold nanoparticle synthesis revisited, J Phys Chem B. 2006 Aug 17, 110(32):15700-7
- [3] Maier Stefan A.: Plasmonics: Fundamentals and Applications, 2007, ISBN: 978-0-387-33150-8