

Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?

E.Marková – Gymnázium, Brno-Řečkovice, Terezy Novákové 2

M.Souhrada – Gymnázium Písek

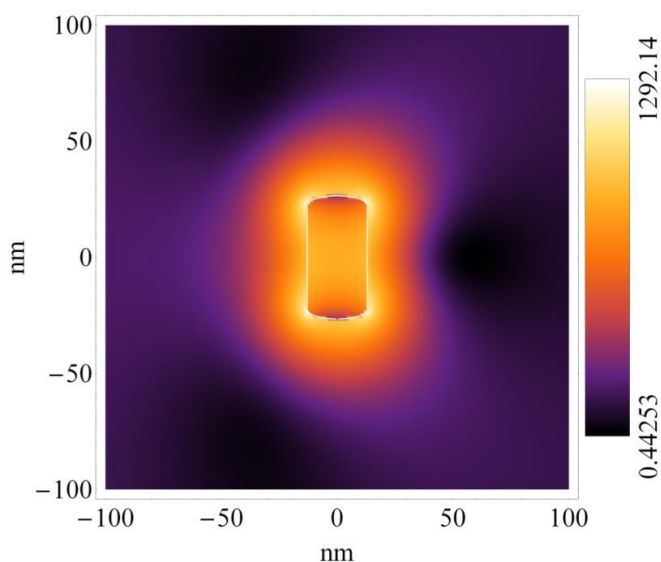
V.Stará – Gymnázium, Brno, Vídeňská 47

Abstrakt:

Koloidní zlato je lidstvu již dlouho známé, ale teprve v posledních dekáдах se začali systematicky zkoumat jeho optické a biologické vlastnosti díky zlepšení a zpřesnění měřicích přístrojů. V naší práci jsme se zabývali přípravou nanočástic tyčinkového tvaru a následným měřením jejich parametrů na absorpčním spektrofotometru a rastrovém elektronovém mikroskopu.

1. Úvod

Nanotechnologie jakožto oblast vědeckého zkoumání se stále drží v popředí zájmů vědců i širší veřejnosti, přestože jsou známy již od starověku. Nanotechnologie se zabývá hmotou o velikosti v řádech nanometrů. V těchto velikostech získává hmota specifické chemické, optické a biologické vlastnosti. Koloidní zlato má např. silné baktericidní účinky [1].

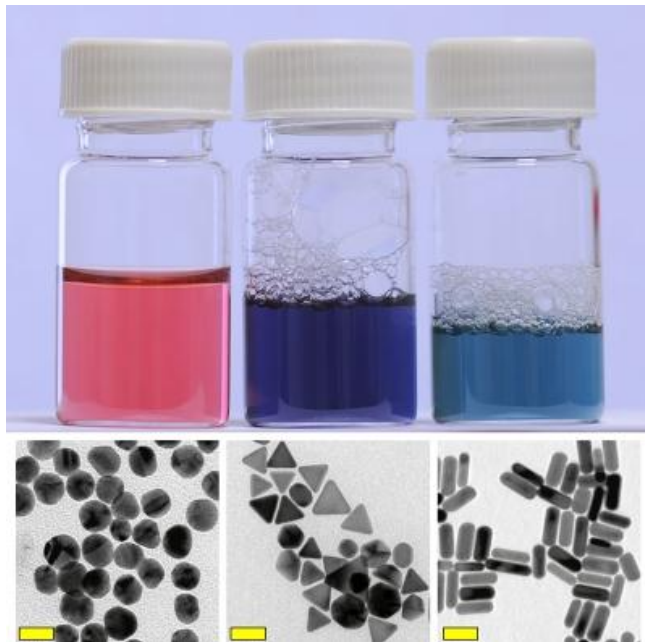


Obr. 1: Simulace blízkého pole lokalizovaného plasmonu na Au nanotyčince při excitaci podélného módu.

Nanočástice zlata (podobně jako nanočástice dalších ušlechtilých kovů) mají zajímavé optické vlastnosti. Při pozorování solvatovaných zlatých částic v kapalině prosvícené bílým světlem nastává jasný rozptyl v doplňkové barvě roztoku.

Tyto roztoky kovových částic nabývají intenzivních zabarvení díky jevu známému jako lokalizovaná povrchová plasmonová rezonance (zkráceně lokalizovaný plasmon). Zjednodušeně lze tento jev vysvětlit interakcí vodivostních elektronů kovu s dopadajícím světelným zářením, které při určité frekvenci způsobí rezonanční transfer své energie na kolektivní kmitání vodivostních elektronů kovové částice. Toto se poté projevuje jako silná absorpce světelné energie, která se dílem spotřebuje na

zahřátí částice a jejího okolí a dílem na opětovné vyzáření pružným rozptylem. Výsledkem je pak známé intenzivní zabarvení koloidů kovů [2].

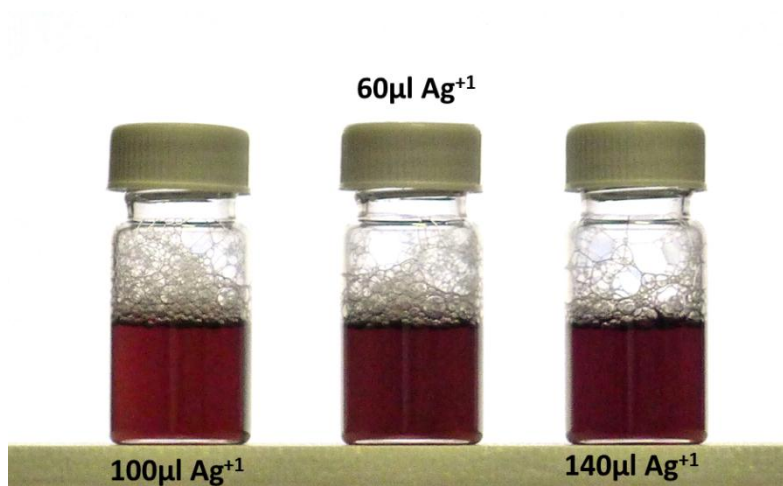


Výsledná barva je ovlivněna především tvarem nanočástic (např. kulovitý tvar je zabarven do růžova, tyčinky do modra a trojúhelníky do fialova). Koloidní roztoky zlata spolu se snímky z elektronového mikroskopu (měřítko = 30 nm). Průměrný objem částice každého roztoku je stejný - roztoky obsahují 0,05 mg zlata/ml ($\sim 10^{11}$ částic/ml).

2. Příprava vzorků

Vzorky zlatých nanotyčinek jsme připravili pomocí metody „Seeded growth method“ [3]:

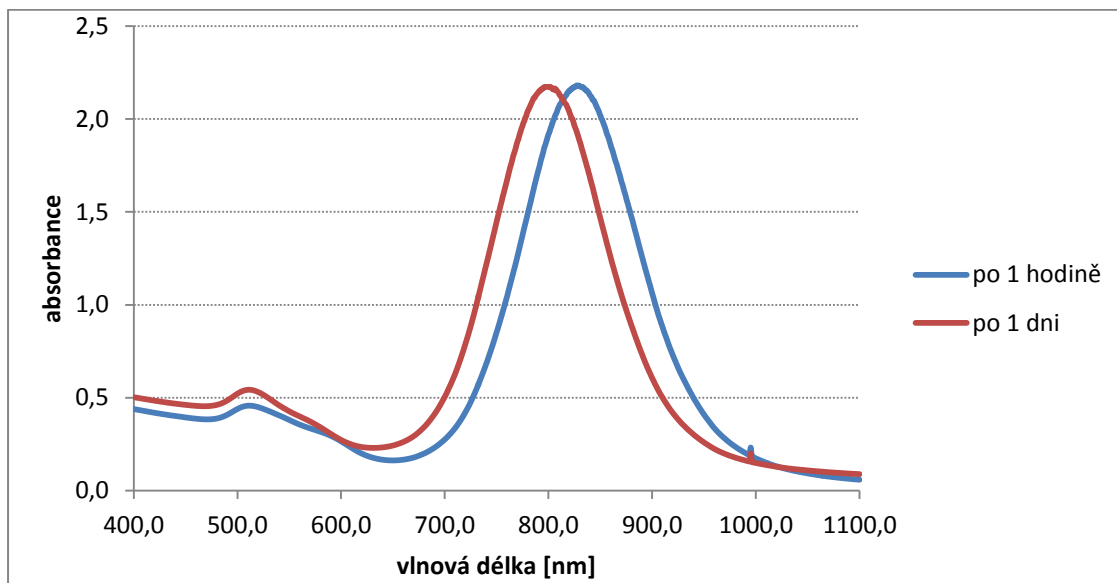
- 1) Vytvoření zárodků: Zárodky byly vytvořeny rychlou redukcí roztoku trojmocného zlata v CTABu (hexadecyltrimethylammonium bromide) pomocí borhydridu sodného. Tím jsme dosáhli vytvoření zlatých zárodečných částic o velikosti $\sim 2-3$ nm.
- 2) Příprava reakčního prostředí pro přidání zlatých zárodků:
 - 9,1ml 0,1M roztoku CTAB
 - 50 μ l 0,1M roztoku Au^{+3}
 - 60 μ l nebo 100 μ l nebo 140 μ l 0,01M roztoku Ag^{+1}
 - 70 μ l kyseliny askorbové
 - dorovnáme vodou na objem 9930 μ l
- 3) Přidáme 70 μ l zlatých zárodků do reakčního prostředí



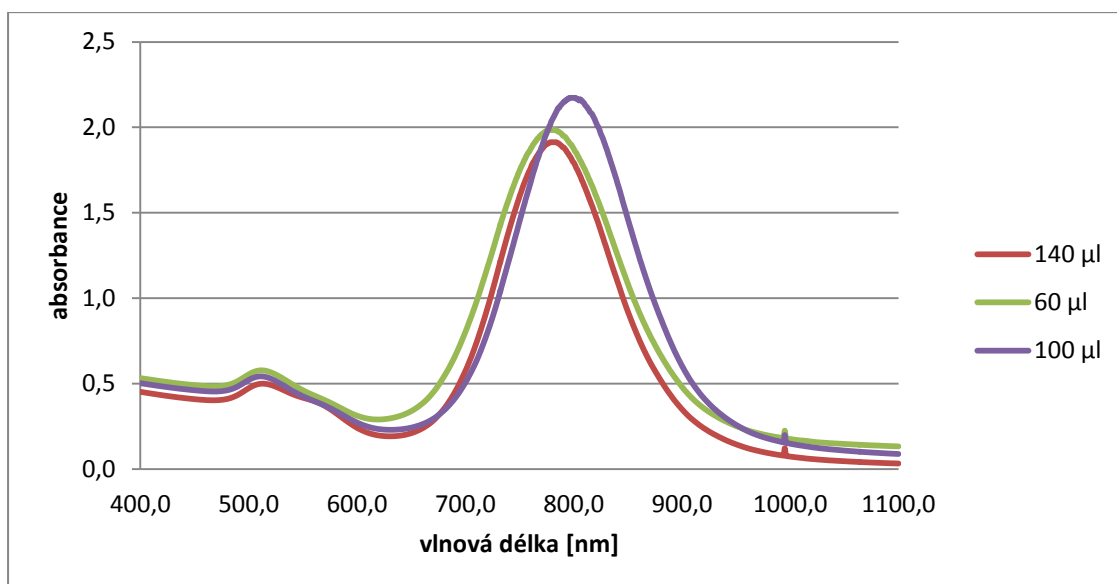
Obr. 2: Tyčovité nanočástice zlata v reakčním prostředí (CTAB) po 24 hodinách od přípravy. Různé koncentrace Ag^{+1} způsobily nepatrnou změnu barvy

Vzorky byly měřeny na absorpčním spektrofotometru (v malém množství v kyvetách) a rastrovacím elektronovém mikroskopu (SEM). Na měření na SEM se vzorky 100x zředily vodou (10 μl částic a 990 μl vody). 4 μl zředěného vzorku se nanasly na sklíčko se stříbrnou elektrodou a Indium-Titan-Oxid (ITO) vrstvou. Sklíčko se vzorky se nechalo 5 minut schnout na plotýnce při teplotě 40°C.

3. Výsledky



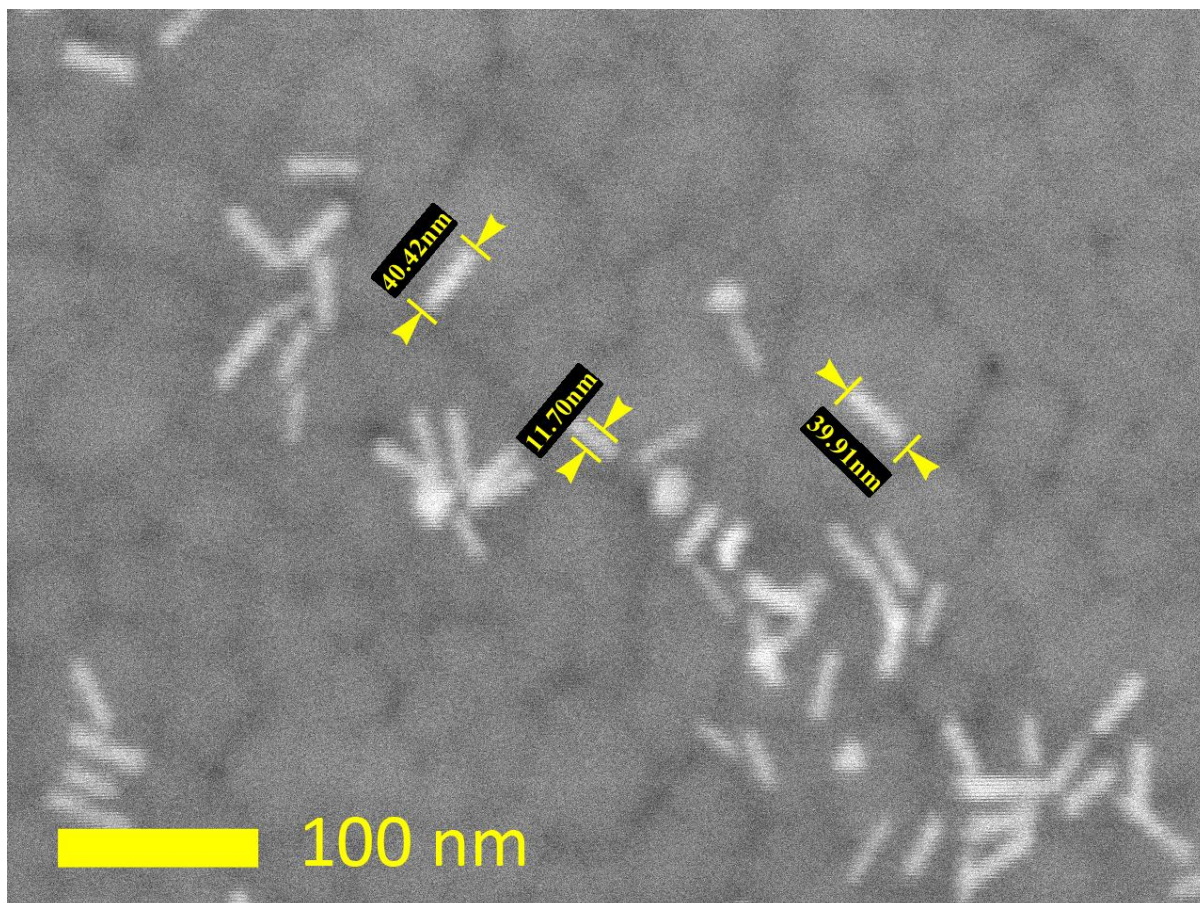
Obr. 3: Vývoj spektra vzorku v průběhu jednoho dne



Obr. 4: Spektra vzorků s různými objemy Ag^+

Vzorek	Střední délka [nm]	Střední šířka [nm]	Střední poměr stran	Pozice longitudálního plasmonového píku [nm]
140 μ l	36,1 \pm 4,8	11,9 \pm 1,9	3,1 \pm 0,7	781
100 μ l	36,3 \pm 5,1	11,5 \pm 1,9	3,2 \pm 0,7	799
60 μ l	36,5 \pm 5,2	11,5 \pm 2,0	3,2 \pm 0,6	780

Obr. 5: Parametry vytvořených částic



Obr. 6: Snímek Au nanotyčinek ze SEM

4. Závěr

Připravili jsme roztoky Au nanotyčinek a pomocné metody spektroskopie jsme je charakterizovali. Podařilo se nám potvrdit korelaci mezi tvarem velikostí částice a pozicí plasmonové rezonance.

5. Reference

1. Nanotechnologie dneška – koloidní stříbro,
<http://fch.upol.cz/vyzkum/srozum/nanotechnologie.pdf>, 19. 6. 2012
2. Koloidní zlato: sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?,
<http://www.tecnical.cz/clanek/2012-01-zlato/>, 19. 6. 2012
3. B. Nikoobakht et. al., Chem. Mat., 2003, 15, 1957-1962.