



**UNIVERZITET CRNE GORE**  
**METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**HEMIJSKA TEHNOLOGIJA**

**SEMINARSKI RAD**

Kompleksna jedinjenja Ag i Au

Mentor:

dr Milica Kosović- Perutović

Student:

Milica Manojlović 4/24

Podgorica, decembar 2024. godine

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	3
2. KOMPLEKSNA JEDINJENJA SREBRA.....	4
2.1. Kompleksna jedinjenja elementarnog srebra.....	5
2.2. Kompleksna jedinjenja srebra sa oksidacionim brojem +1.....	6
2.3. Kompleksna jedinjenja srebra sa oksidacionim brojem +2.....	8
3. KOMPLEKSNA JEDINJENJA ZLATA.....	10
3.1. Kompleksna jedinjenja elementarnog zlata.....	11
3.2. Kompleksna jedinjenja zlata sa oksidacionim brojem +1.....	12
3.3. Kompleksna jedinjenja zlata sa oksidacionim brojem +3.....	15
4. PRIMJENA KOMPLEKSNIH JEDINJENJA SREBRA I ZLATA.....	18
5. ZAKLJUČAK.....	22
6. LITERATURA.....	23

## 1. UVOD

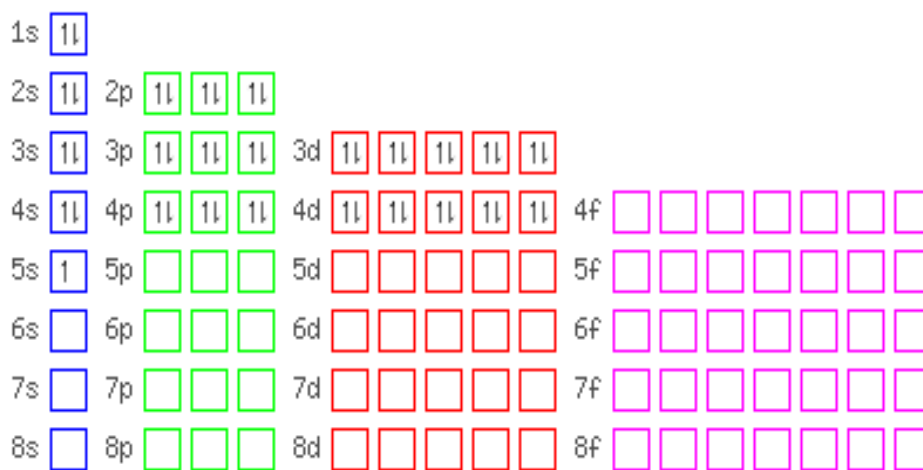
Kompleksna jedinjenja su jedinjenja koja se formiraju kada centralni metalni atom ili jon stupa u vezu sa molekulima ili jonima koji se nazivaju ligandi. Ligandi doniraju elektronske parove, što omogućava stvaranje stabilnih koordinacionih veza. Kompleksna jedinjenja mogu imati različite geometrijske strukture zavisno od koordinacionog broja, vrste liganda i oksidacionog stanja metala. Stabilnost kompleksa zavisi od prirode metalnog jona, liganda i njihovih međusobnih interakcija. Ova jedinjenja su veoma značajna u industriji i hemiji, a imaju veliku upotrebu i u medicini. [1]

U ovom radu ćemo se fokusirati na kompleksna jedinjenja dva plemenita metala, zlata i srebra, koja često formiraju stabilne i korisne komplekse.

## 2. KOMPLEKSNA JEDINJENJA SREBRA

Srebro (Ag) je hemijski element sa atomskim brojem 47. Spada u prelazne metale, a u periodnom sistemu elemenata se nalazi u 5. periodi i 11. grupi. Jedan je od plemenitih metala, a u prirodi se javlja i u elementarnom stanju i u obliku svojih jedinjenja. Od svih elemenata najbolji je provodnik toplote i elektriciteta. [2]

Elektronska konfiguracija srebra je  $[\text{Kr}]4d^{10}5s^1$  (slika 1.), što znači da je sklon da se oslobodi elektrona sa 5s orbitale, koji je najudaljeniji od jezgra, i formira pozitivne jone sa različitim oksidacionim brojevima.



Slika 1: Elektronska konfiguracija Ag

Najčešći oksidacioni broj srebra je +1, i u ovom stanju srebro formira najstabilnija jedinjenja. Ovo oksidaciono stanje se dobija kada srebro otpusti elektron iz 5s orbitale i prelazi u  $\text{Ag}^+$ . Iako su manje stabilna i rjeđa, srebro formira i jedinjenja sa oksidacionim brojem +2. U ovom slučaju srebro mora otpustiti dva elektrona, jedan iz 5s jedan iz 4d orbitale, što je energetski manje povoljno. [3]

Prema HSAB teoriji (Hard and Soft Acid and Bases) srebro(I)- jon je meka kiselina zbog toga što ima nisku električnu gustinu. Takođe je mnogo veći od drugih metala koji se nalaze u istoj grupi ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) i ima veće polje za polarizaciju donora elektronskog para, što mu omogućava da bude sklon da formira meke koordinacione veze sa jonima ili molekulima

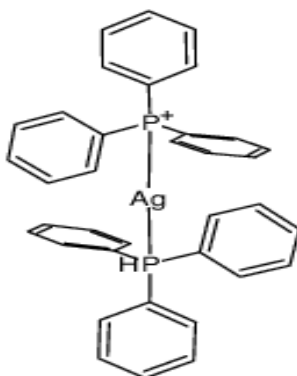
koji su meke baze, kao što su halogeni joni ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ), tioli ( $\text{RSH}$ ), kao i amonijak  $\text{NH}_3$ . [6]

Srebro(II)-jon je tvrđa kiselina zbog toga jer je  $\text{Ag}^{2+}$  manji od  $\text{Ag}^+$ , a zbog svog većeg pozitivnog naelektrisanja stvorio je veću gustinu na jezgru što ga čini „tvrđim“. To znači da  $\text{Ag}^{2+}$  teži da se veže sa tvrdim malim ligandima, kao što su oksidi i fluoridi, koji imaju malu polarizabilnost i snažnu elektrostatičku interakciju. [6]

## 2.1. Kompleksna jedinjenja elementarnog srebra

Kompleksna jedinjenja elementarnog srebra predstavljaju specifičnu grupu jedinjenja, ovakvi kompleksi se stabilizuju koordinacijom srebra sa neutralnim ligandima (kao što su fosfini, amini, tioetri) ili stvaranjem metalnih klastera sa delokalizovanim elektronima. Zbog prisustva metalnih klastera, ova jedinjenja često pokazuju fluorescenciju. Kompleksi srebra (0) mogu postojati kao male metalne grupe (klasteri), u obliku nanostrukture ili kada se srebro koordinuje sa ligandima [3,4].

Mononuklearni kompleksi nastaju kada je jedan atom srebra koordinovan sa neutralnim ligandima. Primjer su kompleksi sa fosfinima  $[\text{Ag}(\text{PPh}_3)_2]$  i kompleksi sa amonijakom  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_4]$ .

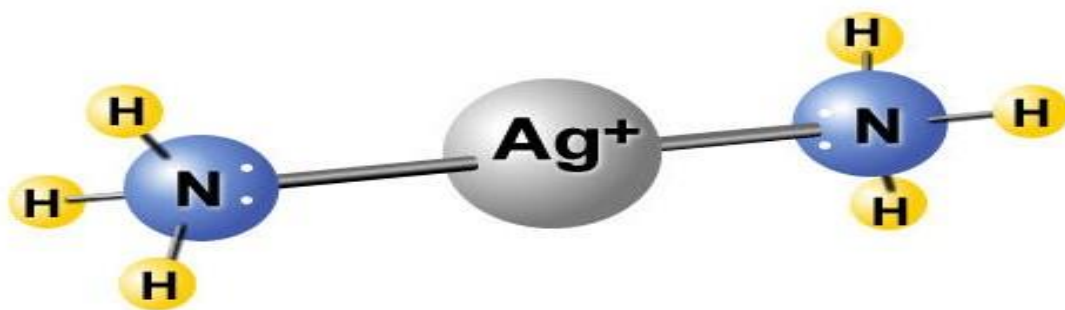


*Slika 2: Geometrijski prikaz [Ag(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]*

Klasteri nastaju kada se grupa od 3 ili više atoma srebra povezanih metal- metal vezom stabilizuje organskim ili neorganskim ligandima, dok nanostrukture nastaju kada se stotine atoma srebra stabilizuju ligandima najčešće citratima [13].

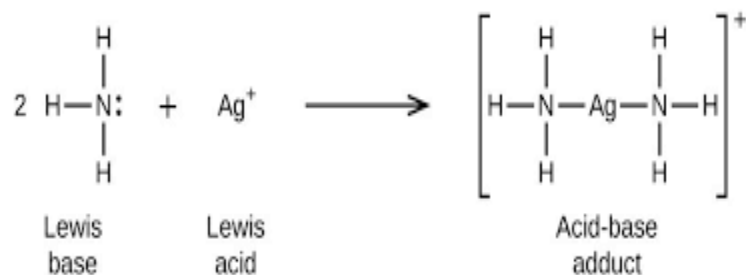
## 2.2. Kompleksna jedinjenja srebra sa oksidacionim brojem +1

Najveći broj kompleksnih jedinjenja srebra formira u oksidacionom stanju +1. Elektronska konfiguracija srebra u ovom oksidacionom stanju je [Kr]4d<sup>10</sup>. Najčešći koordinacioni broj kompleksa srebra(I)-jona je 2, tako da oni imaju linearnu geometrijsku strukturu. [3] Tipičan predstavnik ove grupe jedinjenja je diamminsrebro(I)-jon, koji se koristi za pripremu Tolensovog reagensa, sredstva za identifikaciji aldehida i njihovo razlikovanje od ketona.



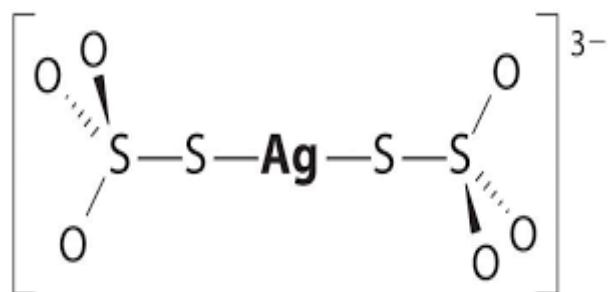
*Slika 3: Geometrijski prikaz linearne strukture diamminsrebro-(I)-jona*

Diamminsrebro-(I)-jon [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup> nastaje u reakciji srebra- nitrata sa amonijakom, gdje se dva molekula amonijaka koordinuju sa srebrom preko elektronskog para na azotu, što se može prikazati i Luisovim formulama (slika 4.):



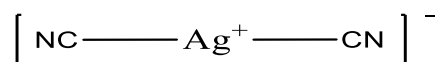
Slika 4: Donorsko-akceptorski mehanizam građenja kompleksa  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$

U reakciji srebra-nitrata sa natrijum- tiosulfatom nastaje ditiosulfatoargentat(I)-jon. U ovom kompleksu se tiosulfatni ligandi koordinuju preko atoma sumpora [4].



Slika 5: Geometrijski prikaz ditiosulfatoargentat(I)-jona

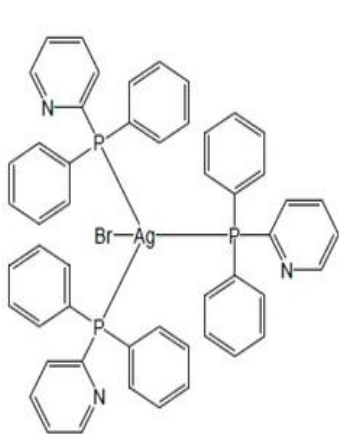
Moguća je i koordinacija srebra sa cijanidnim jonom, gdje srebro formira jake veze sa  $\text{CN}^-$  ligandom:



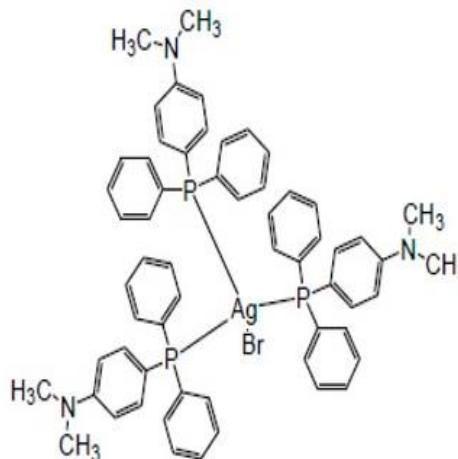
Slika 6: Geometrijski prikaz  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$

Manje se javljaju kompleksi srebra (I) koji grade trodimenzionalnu planarnu ili piramidalnu strukturu (kod kojih je koordinacioni broj 3) i kvadratno planarnu ili oktaedarsku (koordinacioni broj 4), ali postoje i takvi slučajevi. Ovakve komplekse srebro

(I) gradi sa nekim fosfinima i sa karboksilatima. [3] Na slici 7 su predstavljene strukture [srebro(I) difenil-2-piridilfosfin]-bromida i [srebro(I) 4-(dimetilamino)fenildifenilfosfin]-bromida.



Complex 1



Complex 2

Slika 7: [srebro (I) difenil-2-piridilfosfin]-bromida i [srebro(I) 4-(dimetilamino)fenildifenilfosfin]- bromida.

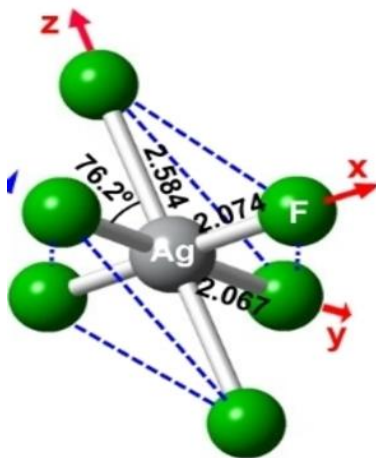
### 2.3. Kompleksna jedinjenja srebra sa oksidacionim brojem +2

Kompleksi srebra (II) su mnogo rjeđi u poređenju a kompleksima srebra (I), ali su dosta zanimljivi za ispitivanje zbog svoje oksidativne sposobnosti i izraženih magnetnih svojstava. Srebro u oksidacionom stanju +2 je relativno nestabilno zbog snažne sklonosti da se redukuje u srebro (I), ali ono može biti stabilizovano određenim ligandima, pa zbog toga gradi komplekse sa ligandima koji su jaki donori elektrona (ligandi poput fluorida, oksida i amina) ili su u formi čvrstih supstanci sa specifičnim kristalnim strukturama [3].

Srebro (II) ima elektronsku konfiguraciju:  $[\text{Kr}]4d^9$ , pa zbog prisustva jednog nesparenog elektrona u 4d- orbitali, kompleksi srebra (II) su često paramagnetični. Najčešće grade kompleksna jedinjenja sa koordinacionim brojem 4, što znači da imaju kvadratno-planarnu



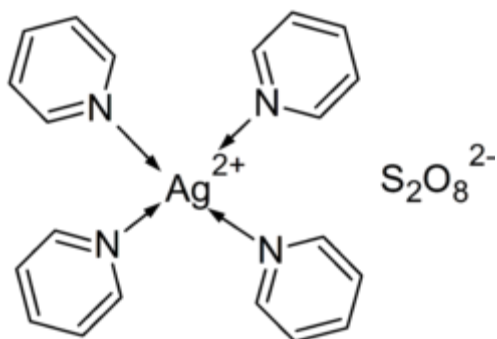
geometriju. Jedan od primjera kompleksa srebra (II) je sa jakim polarnim ligandom F gdje nastaje kompleksno jedinjenje:  $[\text{AgF}_4]^{2-}$ . Takođe su moguća i kompleksna jedinjenja srebra (II) sa koordinacionim brojem 6 i oktaedarskom strukturom, primjer je  $[\text{AgF}_6]^{4-}$  (slika 8). [3,4]



*Slika 8: Geometrijski prikaz heksafluoroargentat(II) jona*

Srebro (II) gradi komplekse sa polidentatnim ligandima, kao što su etilendiamin i oksalatni ligand.

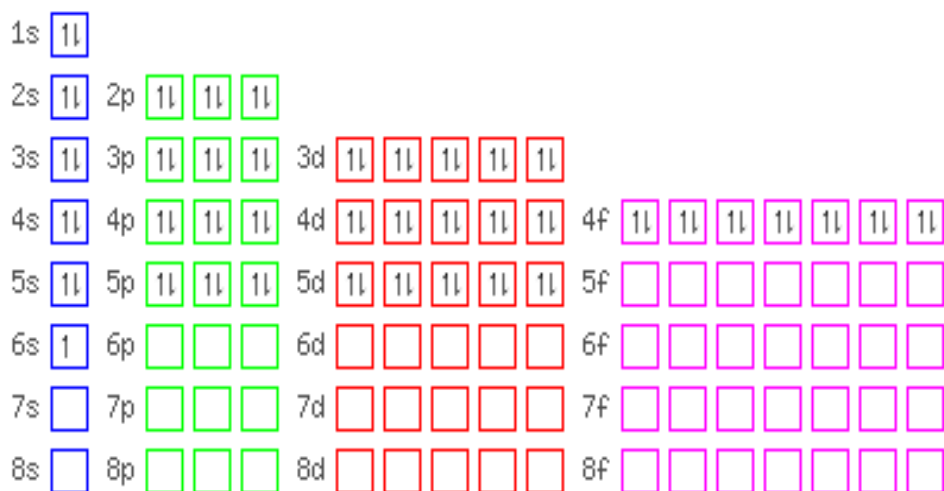
Srebro (II) jon u vodenim rastvorima pokazuje jaka oksidaciona svojstva, a do njegove stabilizacije dolazi formiranjem kompleksnih jedinjenja sa derivatima piridina, na primjer:  $[\text{Ag}(\text{py})_4]^{2+}$ . Kao značajno kompleksno jedinjenje uzima se  $[\text{Ag}(\text{py})_4]\text{S}_2\text{O}_8$  (slika 9.). Ovaj kompleks se javlja u vidu narandžastih granula, stabilan je na vazduhu, a čuva se dakeo od svjetlosti. Koristi se za oksidaciju aromatičnih aldehida u karboksilne kiseline, kao i benzilnih alkohola u karbonilna jedinjenja [4].



Slika 9: Geometrijski prikaz  $[Ag(py)_4]S_2O_8$  kompleksa

### 3. KOMPLEKSNA JEDINJENJA ZLATA

Zlato (Au) je hemijski element sa atomskim brojem 79 u periodnom sistemu elemenata. Prelazni je metal, nalazi se u 6. periodi i 11. grupi periodnog sistema elemenata, pripada d-bloku. Elektronska konfiguracija zlata je  $[Xe] 4f^{10}5d^{10}6s^1$  (slika 10).



Slika 10: Elektronska konfiguracija Au

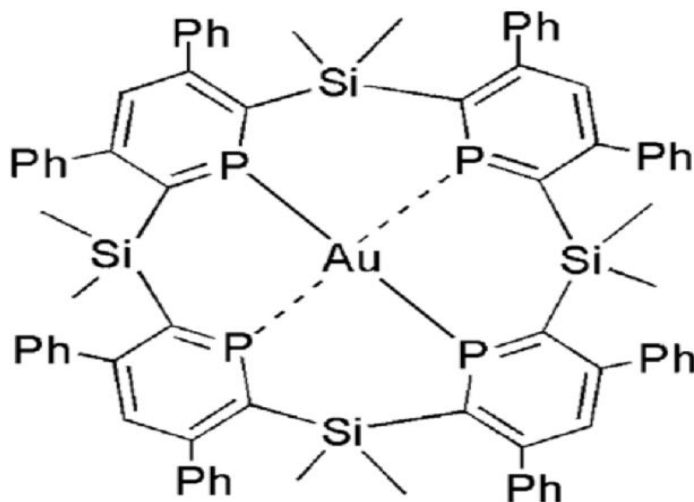
Zlato se ubraja u grupu plemenitih metala, dosta je inertno i slabo reaguje sa većinom supstanci. Najčešće se nalazi u oksidacionim stanjima +1 i +3 [2].

Prema HSAB teoriji zlato(I)-jon je najmekši metalni jon i predstavlja meku kiselinu, koja formira stabilne komplekse sa mekim bazama kao što su fosfini i  $\text{CN}^-$ . [6]

Zlato (III) je zbog svog većeg pozitivnog naelektrisanja tvrđa kiselina od zlata (I), pa može da formira komplekse sa tvrdim bazama kao što su voda i amini. [6]

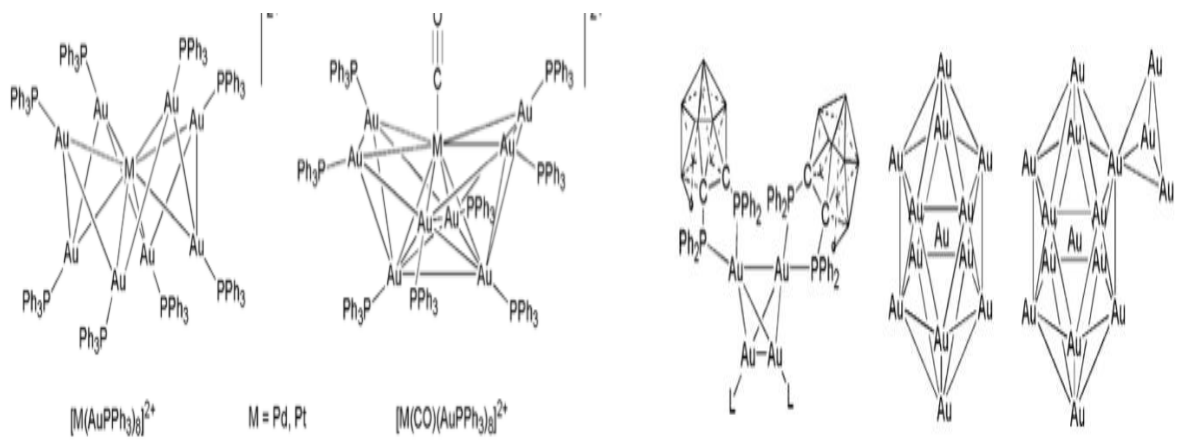
### 3.1. Kompleksna jedinjenja elementarnog zlata

Kompleksna jedinjenja elementarnog zlata su veoma rijetka, mada se mogu pronaći i takva jedinjenja. Jedno od takvih jedinjenja je nastalo sintezom silikafosfina i elementarnog zlata. Na slici 11 je prikazana struktura tetrakis(trifenilfosfin)- $\mu_4$ -silicijum-zlata.



Slika 11: Struktura tetrakis(trifenilfosfin)- $\mu_4$ -silicijum-zlata

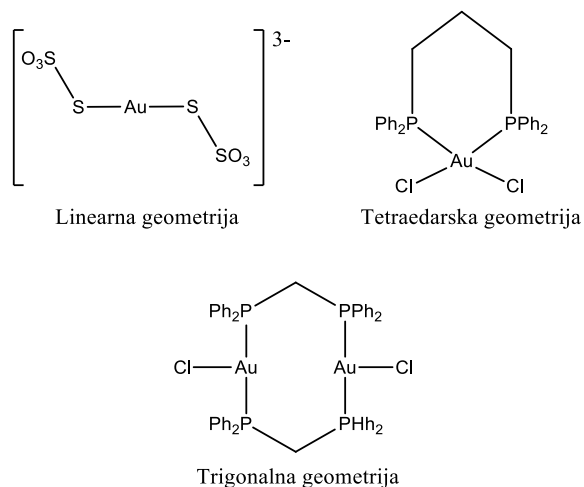
Češća je pojava da zlato (0) gradi klasterna kompleksna jedinjenja koja se sastoje od više atoma zlata u elementarnom stanju koji su povezani metal-metal vezama. Ovakvi klasteri su stabilizovani ligandima kao što fosfini, tioli i drugi. Ovakvi kompleksi mogu imati različite geometrijske oblike, zavisno od broja atoma zlata i vrste liganada. Najčešći geometrijski oblici su: tetraedarska struktura (4 atoma zlata), oktaedarska struktura (6 atoma zlata) i poliedarske strukture (više od 10 atoma zlata) [7].



Slika 12: Strukture nekih klasternih kompleksa zlata (0)

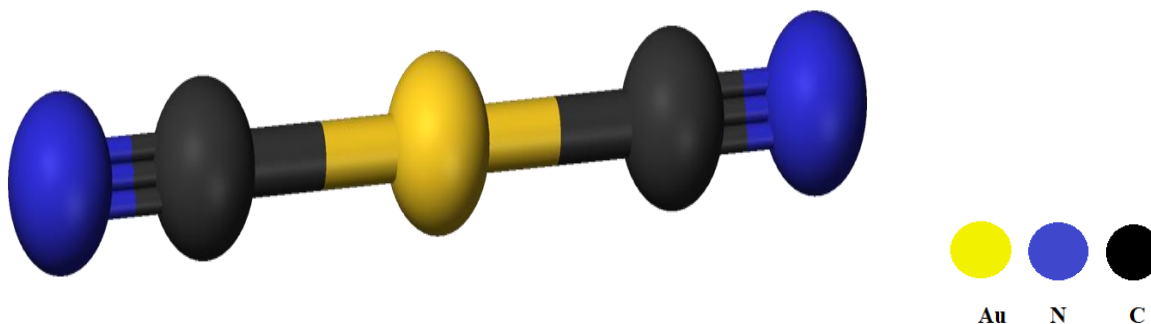
### 3.2. Kompleksna jedinjenja zlata sa oksidacionim brojem +1

Kompleksna jedinjenja zlata u oksidacionom stanju +1 predstavljaju značajnu klasu hemijskih jedinjenja sa širokom primjenom. Zlato (I) najčešće formira komplekse sa koordinacionim brojem 2, zbog specifičnosti elektronske konfiguracije. Kada zlato pređe u oksidaciono stanje +1, gubi jedan elektron iz 6s orbitale i ima elektronsku konfiguraciju  $[Xe] 4f^{14}5d^{10}$  što znači da su 5d orbitale popunjene, dok 6s i 6p orbitale su nepopunjene i mogu učestvovati u hibridizaciji i formiranju veza sa ligandima. Tipična geometrija kompleksa zlata (I) je linearna što se upravo objašnjava sp hibridizacijom. Rjeđi su slučajevi da kompleksi zlata imaju koordinacioni broj 3 ili 4, ali postoje i takve situacije [4]. Primjeri kompleksa zlata (I) različitih geometrija su prikazani na slici 13:



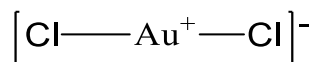
Slika 13: Primjeri kompleksa zlata (I) različitih geometrija

Od kompleksa zlata značajan je kompleks sa cijanidnim ligandima:  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  gdje koordinisanje cijanidnog jona sa zlatom predstavlja interakciju između elektronskog para na ugljenikovom atomu i dostupnih hibridizovanih orbitala zlata [3].



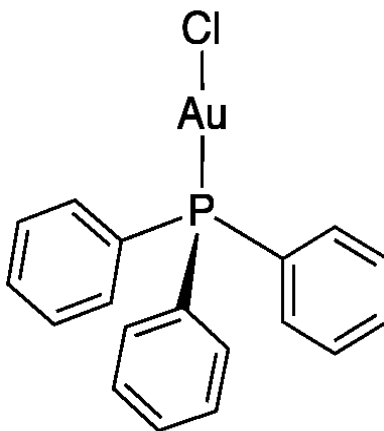
Slika 14: Geometrijski prikaz strukture  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  jona

Zlato (I) reaguje i sa halogenim elementima što daje stabilne linearne komplekse kao što je  $[\text{AuCl}_2]^-$  (slika 15). Kompleks se formira tako što ligand direktno koordinuje na centralni atom zlata. [3]



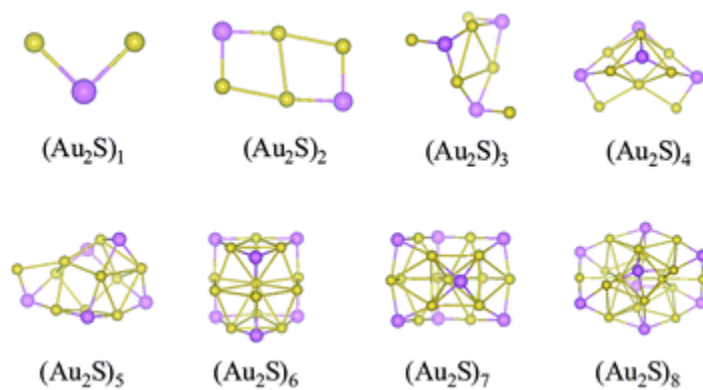
*Slika 15: Struktura  $[\text{AuCl}_2]^-$*

Poznati su i kompleksi zlata sa fosfinima, kao što je hloro(trifenilfosfin)zlato(I)  $\text{AuCl}(\text{PPh}_3)$ : [15]



*Slika 16: Geometrijski prikaz  $[(\text{PPh}_3)\text{AuCl}]$*

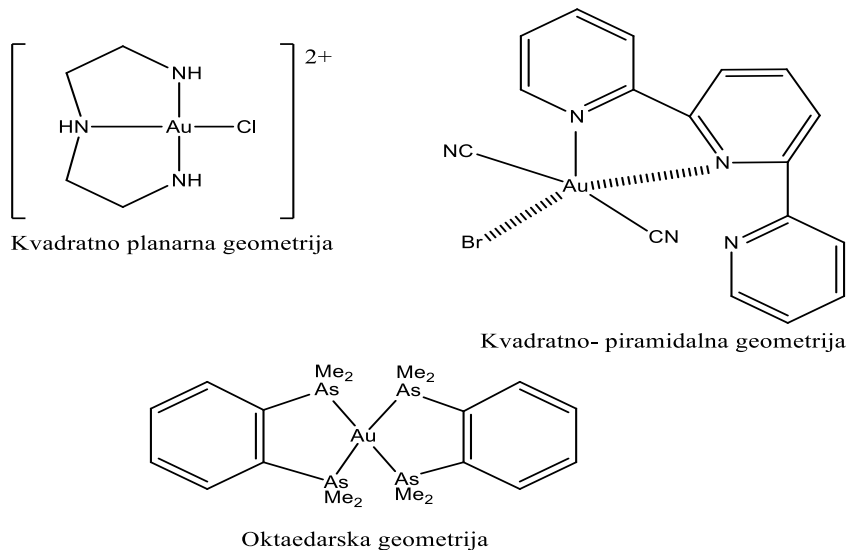
Zlato (I) može da formira i polimerne komplekse, na primjer sa stabilnim sumpornim ligandom formira linearne lance, opšte formule  $[\text{Au}_2\text{S}]_n$  gdje je n najčešće od 1 do 8. [7]



*Slika 17: Polimerni kompleksi zlata (I) sa sumporom*

### 3.3. Kompleksna jedinjenja zlata sa oksidacionim brojem +3

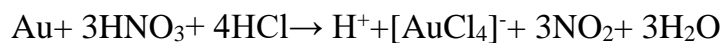
Zlato u oksidacionom stanju +3 formira širok spektar kompleksnih jedinjenja sa različitim ligandima. Zlato u oksidacionom stanju +3 gubi tri elektrona, jedan iz 6s i dva iz 5d pa je njegova elektronska konfiguracija  $[Xe] 4f^{14}5d^8$ . Kako zlato (III) ima  $d^8$  konfiguraciju to je najčešća geometrija njegovih kompleksa kvadratno-planarna. [4] Ponekad su u prisustvu većih liganada moguće i druge geometrije (slika 18).



*Slika 18: Primjeri kompleksa zlata (III) različitih geometrija*

U ovakvim tipovima kompleksa je zastupljena  $dsp^2$  hibridizacija. Prilikom koordinovanja ligandi doniraju elektronske parove u  $dsp^2$  hibridizovane orbitale zlata.

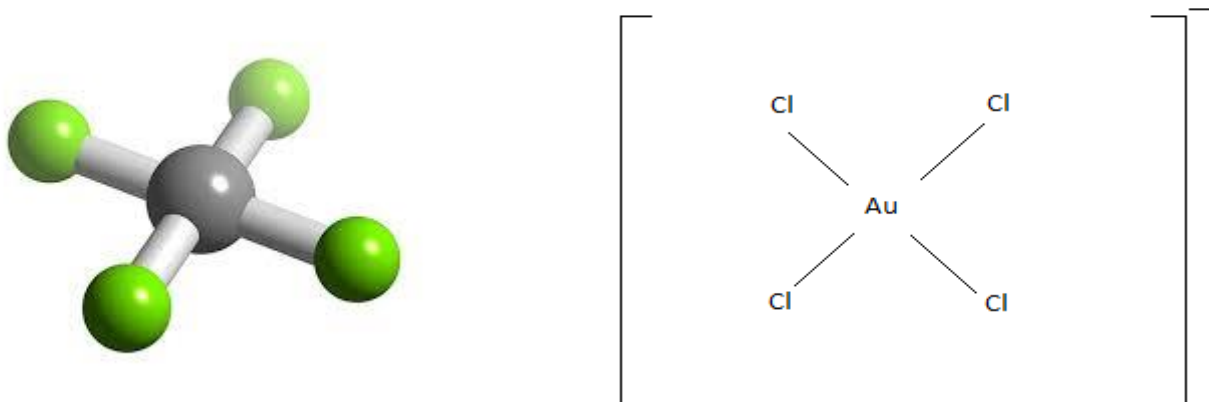
Jedan od kompleksa zlata (III) jeste  $[AuCl_4]^-$  kompleks koji nastaje prilikom reakcije zlatohlorida sa hloridnim jonima. Kompleks se formira tokom rastvaranja zlata u aqua regia (kraljevskoj vodi), koja je mješavina koncentrisane hlorovodonične i azotne kiseline u odnosu 3:1. Osnovna reakcija je:



Ovaj kompleksni jon se najčešće koristi kao polazna sirovina za dobijanje kompleksa zlata (I).  $[AuCl_4]^-$  nije stabilan u vodenom rastvoru pa podliježe spontanoj hidrataciji i hidrolizi.

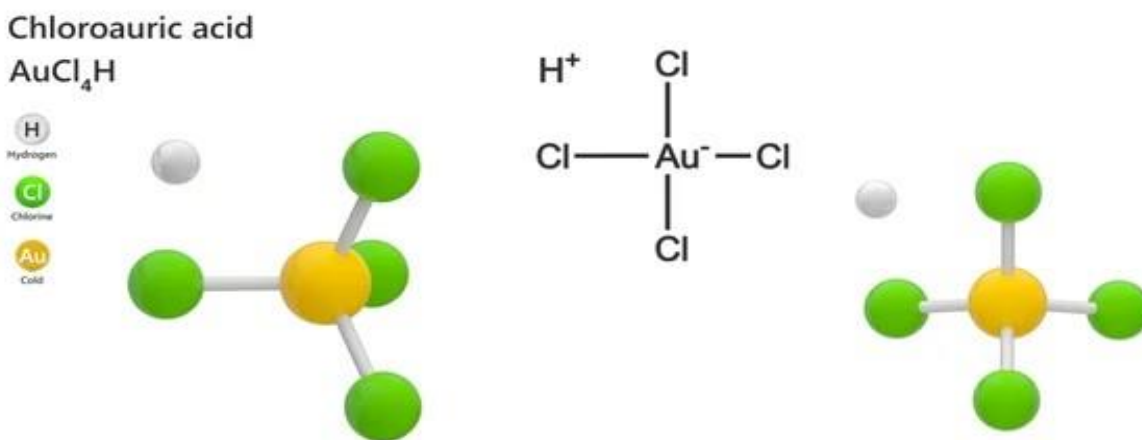
[3]





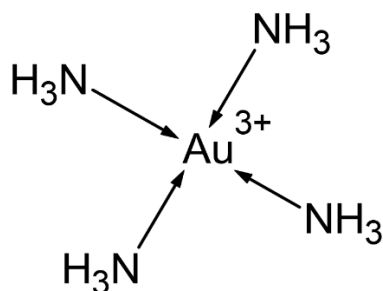
Slika 19: Geometrijski prikaz  $[AuCl_4]^-$  jona (zelena boja- Cl, siva- Au)

Iz  $[AuCl_4]^-$  nastaje hlorzlatna kiselina koje je jedno od najpoznatijih i najstabilnijih kompleksa zlata (III), (slika 20)



Slika 20: Struktura  $H[AuCl_4]$  kiseline

Zlato (III) reaguje sa amonijakom dajući amonijačni kompleks  $[Au(NH_3)_4]^{3+}$  jona koji takođe ima kvadratno planarnu geometriju. [3]

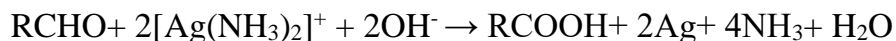


Slika 21: Geometrijski prikaz  $[Au(NH_3)_4]^{3+}$ -jona

#### 4. PRIMJENA KOMPLEKSNIH JEDINJENJA SREBRA I ZLATA

Kompleksna jedinjenja srebra i zlata zauzimaju značajno mjesto u savremenoj nauci i industriji, njihova hemijska i fizička svojstva im omogućavaju primjenu u raznim oblastima, uključujući medicinu, hemijsku industriju, zaštitu životne sredine itd.

Kompleks srebra sa amonijakom,  $[Ag(NH_3)_2]^+$ , koristi se u analitičkoj hemiji za detekciju aldehida. Jedinjenje koje se ispituje se miješa sa Tolensovim reagensom, gdje se u slučaju ako je ispitivano jedinjenje aldehyd on se oksiduje do određene karboksilne kiseline, a rezultat je stvaranje srebrenog ogledala. Ovaj proces se odvija prema reakciji:

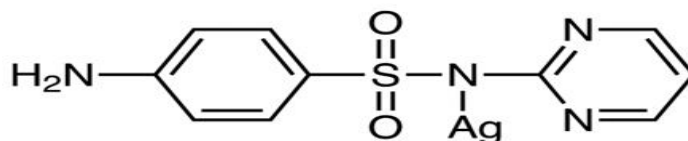


Ako je ispitivano jedinjenje keton do reakcije neće doći, jer se ketoni ne mogu oksidovati na ovaj način. [14]

Srebrni halogenidi kao što su  $[AgBr_2]^-$  i  $AgI$  se koriste kod fotografije, kao svjetlosno osjetljive komponente. Kompleksi srebra sa N- heterocikličnim karbenima se koriste kao katalizatori u organskim reakcijama, kao što je redukcija nitro- jedinjenja. U zaštiti životne sredine srebrovi kompleksi sa azotnim ligandima se koriste za uklanjanje organskih

zagađivača iz vode. Srebrovi kompleksi su našli primjenu u savremenoj nanotehnologiji, koriste se u sintezi nanočestica koje se primjenjuju u biosenzorima i elektronskim uređajima. [12,16]

Kompleksi srebra se koriste u medicini i za sterilizaciju aparature koju koriste stomatolozi. Srebro (I) sulfadiazin je jedno od najpoznatijih kompleksnih jedinjenja srebra (I) koje ima primjenu u farmaciji. Ulazi u sastav krema koje su namjenjene za tretiranje opekotina i ogrebotina. [9]



*Slika 22: Struktra srebro (I) sulfadiazin*

Srebro se dodaje i u druge medicinske proizvode, kao što su zavoji i gips, pa korišćenje zavoja sa srebrom omogućava bolje čišćenje rane i njeno zarastanje.

Kompleksi srebra (I) imaju i različite biološke aktivnosti (antibakterijsko djelovanje, antifugalno kao i antitumorsko. Pregled nekih bioloških aktivnosti srebra data je u tabeli 1 [9]:

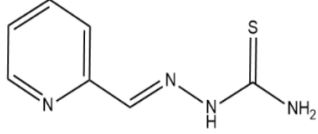
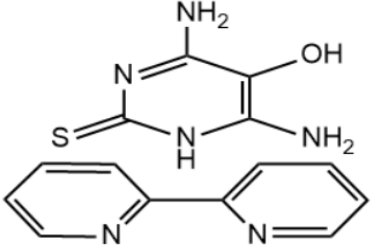
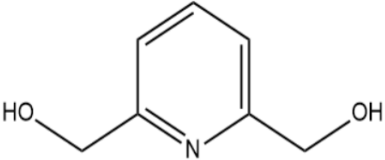
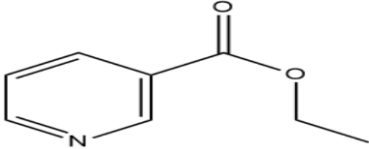
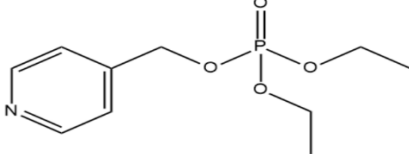
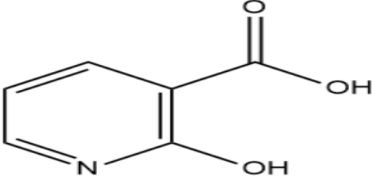
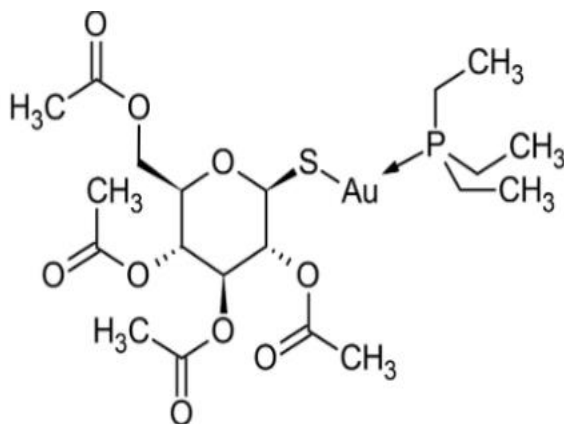
KOMPLEKS SREBRA (I)	LIGAND	BIOLOŠKO DEJSTVO
<b>Ag(HL)(NO<sub>3</sub>)</b> HL=2-formil- piridintiosemikarbazon		Antitumorsko: kod humanog adenokarcinoma debelog crijeva
<b>[Ag(bpy)(Hdahmp)]NO<sub>3</sub></b> Hdahmp- 4,6-diamino-5- hidroksi-2-merkaptopirimidin bpy=bipiridin		<i>In vivo</i> kod <i>Ehrlich ascites</i> Tumorskih stanica mišića
<b>[Ag(2,6-di(CH<sub>2</sub>OH)(py)<sub>2</sub>)]NO<sub>3</sub></b> 2,6-di(CH <sub>2</sub> OH)py= 2,6- dihidroksietilpiridin		Antibakterijsko: <i>P. Hauseri</i> , <i>E. coli</i> , <i>Ps. Aeruginosa</i>
<b>[Ag(CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>nia)<sub>2</sub>](NO<sub>3</sub>)</b> nia= nikotinska kiselina		Antibakterijsko: <i>S. aureus</i> , <i>S. pyogenes</i> , <i>P. mirabilis</i>
<b>{[Ag(4-pmOpe)]NO<sub>3</sub>}<sub>n</sub></b> 4-pmOpe-dietil-4- piridilmetilfosfat		Antifungalno: <i>C. albicans</i>
<b>{[Et<sub>3</sub>NH]<sub>2</sub>[Ag<sub>6</sub>(μ<sub>3</sub>-Hmna)<sub>4</sub> (μ<sub>3</sub>-mna)<sub>2</sub>]}·2DMSO·H<sub>2</sub>O}</b> Hmna= 2-merkptonikotinska kiselina		Antiviralno: <i>Anti-HIV</i> aktivnost

Tabela 1: Biološko dejstvo srebra

I kompleksi zlata imaju značajnu primjenu, pa se kompleksi sa cijanidima koriste prilikom izdvajanja zlata iz rude, [AgCN<sub>2</sub>]<sup>-</sup> je osnov za dobijanje zlata u industrijskim količinama.

Veliki broj kompleksa zlata se primjenjuju kao katalizatori u organskim reakcijama kao što su oksidacija alkohola i alkena.  $[\text{AuCl}_4]^-$  se koristi i u elektronskoj industriji za proizvodnju visokoprovodljivih elemenata. [11]

Kompleksi zlata takođe imaju veliku primejenu u medicini. Poznato je kompleksno jedinjenje auranofin koje se koristi za liješenje reumatskog artritisa. [11]



*Slika 23: Struktura auranofina*

Brojnim istraživanjima je utvrđeno da kompleksi zlata (I) pokazuju antitumorsku aktivnost (na primjer kompleksi sa difosfinskim ligandima). [8]

Zlatni nanokompleksi sa tiolnim ligandima nalaze primjenu u dijagnostici,  $[\text{Au}(\text{SR})]$  nanostrukture se koriste za pravljenje biosenzora visoke osjetljivosti koji mogu detektovati biomarkere za bolesti poput raka i Alchajmerove bolesti.

Kompleksi zlata nalaze primjenu i u proizvodnji katalizatora za reakcije koje smanjuju emisiju štetnih gasova. [17]

## 5. ZAKLJUČAK

Kompleksna jedinjenja zlata i srebra predstavljaju značajan predmet istraživanja u hemiji, zahvaljujući svojim fizičko- hemijskim osobinama, reaktivnosti i širokoj primjeni. Ova jedinjenja su od velikog značaja ne samo u oblasti koordinacione hemije, već i u farmaceutskoj, medicinskoj, tehnološkoj i industrijskoj primjeni. Kompleksi zlata su otkazali svoja izuzetna svojstva u medicini, kao potencijalni antkancerogeni agensi, dok su kompleksi srebra poznati po svojim antibakterijskim svojstvima našli primjenu u kozmetičkoj i medicinskoj industriji. Osim toga kompleksi zlata i srebra imaju važnu ulogu i u tehnologiji, u razvoju senzora, katalizatora i materijala za elektroniku.

Kompleksi zlata i srebra predstavljaju dinamično i interdisciplinarno područje istraživanja koje ima potencijal da doprinese razvoju novih materijala i terapijskih sredstava. Njihovo istraživanje postavlja temelje za inovacije u različitim granama nauke i tehnologije.

## 6. LITERATURA

1. N. Milić, „Neorganska kompleksna i klasterna jedinjenja“, PMF Kragujevac 1998. godine
2. I. Filipović, S. Lipanović „Opća i anorganska kemija- Kemijski elementi i njihovi spojevi, II dio“. Školska knjiga- Zagreb 1995.
3. N. N. Greenwood, A. Earnshaw, „Chemistry of elements, II edition“, University of Leeds, U. K. 1998. ISBN: 0 7506 3365 4
4. Gary L. Miessler, Donald A. Tarr, „Inorganic chemistry IV edition“ United States, 2011. ISBN: 9780321811059
5. R. G. Pearson „Hard and soft acid and bases“, Journal of American chemical society, 1963.
6. Dr. Kathryn Hass „Hard and soft acid and base theory“, Saint Marys Collage, 2020.
7. M. Concepcion Gimeno „The chemistry of gold“, ISBN:978-3-527-32029-5
8. Miloš I. Đuran, „Primjena kompleksnih jedinjenja u medicini“, Kragujevac 2020. godine
9. Melaiye, A., & Youngs, W. J. (2005). *Silver and its application as an antimicrobial agent. Expert Opinion on Therapeutic Patents*, 15(2), 125–130. doi:10.1517/13543776.15.2.125
10. Jeon KI, Byun MS, Jue DM (April 2003). "[Gold compound auranofin inhibits I \$\kappa\$ B kinase \(IKK\) by modifying Cys-179 of IKKbeta subunit](#)". *Experimental & Molecular Medicine*.
11. Hashmi, A. S. K. (2021). *Introduction: Gold Chemistry. Chemical Reviews*, 121(14), 8309–8310. doi:10.1021/acs.chemrev.1c00
12. Singha, S., Kim, D., Seo, H., Cho, S. W., & Ahn, K. H. (2015). *Fluorescence sensing systems for gold and silver species. Chemical Society Reviews*, 44(13), 4367–4399. doi:10.1039/c4cs00328d

13. Zhang, Z., Shen, W., Xue, J., Liu, Y., Liu, Y., Yan, P., ... Tang, J. (2018). *Recent advances in synthetic methods and applications of silver nanostructures*. *Nanoscale Research Letters*, 13(1). doi:10.1186/s11671-018-2450-4
14. "Oxidation of aldehydes and ketones" *chemguide.co.uk*. Retrieved 31 January 2010.
15. Gorin, David J.; Sherry, Benjamin D.; Toste, F. Dean (2008), "Triphenylphosphinegold(I) chloride", *Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis*, American Cancer Society, [doi:10.1002/047084289x.rn00803](https://doi.org/10.1002/047084289x.rn00803)
16. Dong, X.-Y., Gao, Z.-W., Yang, K.-F., Zhang, W.-Q., & Xu, L.-W. (2015). *Nanosilver as a new generation of silver catalysts in organic transformations for efficient synthesis of fine chemicals*. *Catalysis Science & Technology*, 5(5), 2554–2574. doi:10.1039/c5cy00285k
17. Herrera, R. P., & Gimeno, M. C. (2021). *Main Avenues in Gold Coordination Chemistry*. *Chemical Reviews*, 121(14), 8311–8363. doi:10.1021/acs.chemrev.0c009