

Міністерство освіти і науки України
Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II
Кафедра біології та хімії

Реєстраційний № _____

Кваліфікаційна робота
Одержання наночастинок на основі міді із розчинів

ОРОС РІХАРД МИХАЙЛОВИЧ

Студент(зка) IV-го курсу

Освітня програма: Середня освіта (Хімія)

Спеціальність: 014 Середня освіта (Хімія)

Рівень вищої освіти: бакалавр

Тема затверджена на засіданні кафедри

Протокол № 3 / 25.10.2023 р.

Науковий керівник: **Сабов Мар'ян Юрійович**

к.х.н., доцент

Завідувач кафедри: **Когут Ержебет Імрївна**

доктор філософії, доцент,

Робота захищена на оцінку _____, «___» _____ 202_ року

Протокол № _____ / 202_

**Міністерство освіти і науки України
Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II**

Кафедра біології та хімії

**Кваліфікаційна робота
Одержання наночастинок на основі міді із розчинів**

Рівень вищої освіти: бакалавр

Виконавець: студент(ка) IV-го курсу

ОРОС РІХАРД МИХАЙЛОВИЧ

освітня програма Середня освіта (Хімія)

спеціальність 014 Середня освіта (Хімія)

Науковий керівник: **Сабов Мар'ян Юрійович**

к.х.н., доцент

Рецензент: **Чома Золтан Золтанович**

доктор філософії, доцент

Берегове
2024

ЗМІСТ

ВСТУП	6
I. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	8
1.1. Властивості наночастинок	8
1.2. Методи дослідження	10
1.3. Методи отримання наночастинок	16
1.3.1. Фізичні методи	17
1.3.2. Хімічні методи синтезу наночастинок	19
1.3.3. Біологічні методи синтезу наночастинок	23
1.4. Сфери використання	24
1.5. Металеві наночастинок	30
1.6. Мідні наночастинок	32
II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	33
2.1. Вихідні матеріали	33
2.2. Очищення вихідних матеріалів	33
2.3. Попереднє дослідження розчинів	35
2.4. Одержання в кислому середовищі	35
2.5. Одержання в лужному середовищі	35
III. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	37
3.1. Поглинання вихідних розчинів порівняно з дистильованою водою	37
3.2. Аналіз даних при синтезі із кислого середовища	38
3.3. Аналіз даних при синтезі із лужного середовища	40
3.4. Аналіз даних отриманих при синтезі альтернативним методом із розчинів у лужному середовищі	43
3.4.1. Вплив концентрації	44
3.4.2. Регулювання рН	49
3.4.3 Дослідження методом рентгенівської дифракції (XRD)	53
IV. ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ ДЛЯ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ	56
РЕЗЮМЕ	59
РЕЗЮМЕ	60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	61
СПИСОК ІЛЮСТРАЦІЙ	65

СПИСОК ТАБЛИЦЬ	67
-----------------------------	-----------

**Ukrajna Oktatási és Tudományügyi Minisztériuma
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola**

Biológia és Kémia Tanszék

RÉZ ALAPÚ NANORÉSZECSKÉK ELŐÁLLÍTÁSA OLDATOKBÓL

Szakdolgozat

Készítette: Orosz Richárd

IV. évfolyamos

014 Középfokú oktatás (Kémia)

szakos hallgató

Témavezető: Szabó Marján

a kém. tudom. kand., docens

Recenzens: Dr. Csoma Zoltán

PhD, docens

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETŐ	7
I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
1.1.A nanorészecskék fontos tulajdonságai	9
1.2. Vizsgálati módszerek	11
1.3. Nanorészecskék előállítási módszerei.....	17
1.3.1.Fizikai módszerek.....	18
1.3.2. Kémiai módszerek nanorészecskék szintézisére	20
1.3.3.Biológia módszerek nanorészecskék szintézisére	24
1.4. Felhasználási terület	25
1.5. Fém nanorészecskék	31
1.6. Réz nanorészecskék	33
II. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN.....	34
2.1. Felhasznált anyagok	34
2.2. Felhasznált anyagok megtisztítása	34
2.3.Az oldatok előzetes vizsgálata	36
2.4. Savas közegben való előállítás.....	36
2.5. Lúgos közegben való előállítás.....	36
III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	38
3.1. Az oldatok abszorbanciája desztillált vízhez mérve	38
3.2. A savas közegre vonatkozó adatok elemzése	39
3.3. A lúgos közegre vonatkozó adatok elemzése	41
3.4. A lúgos közegben, alternatív módszerrel előállított oldatokra vonatkozó adatok elemzése.....	44
3.4.1. Koncentráció hatása.....	45
3.4.2. pH-beállítása	50
3.4.3 XRD vizsgálat	54
IV. A DOLGOZAT EREDMÉNYEINEK FELHASZNÁLÁSA A KÖZÉPISKOLAI KÉMIAOKTATÁSBAN	57
ÖSSZEFOGLALÁS	60
PE3IOME	61
IRODALOMJEGYZÉK	62
ÁBRÁK JEGYZÉKE	66
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	68

BEVEZETŐ

A nanorészecskék a 20. század felfedezésének számítanak, de a terület rövid áttekintése azt mutatja, hogy már a Kr. e. 9. században Mezopotámiában művészek finoman felosztott anyagokat használtak, hogy csillogó hatást érjenek el a kerámiatárgyak felületén.

A reneszánsz és későbbi időszakokban a képzőművészet fejlődése (különösen a festészet), valamint a nyomtatási és gravírozási módszerek hozzájárultak ahhoz a technikához, amely finom szeretlen és szerves porrészecskék előállítására irányult, közel a nanorészecskék méretéhez, és olyan diszperziókat hoztak létre, amelyek stabilak különböző oldószerekben, és festékként vagy tintaként használhatók.

Az első pontos megfigyeléseket és méréseket sokkal később végezte Richard Adolf Zsigmondy, aki sötétmezős ultramikroszkópiát alkalmazott, amely lehetővé teszi a monokromatikus fény hullámhosszánál kisebb részecskék vizualizálását (1914). Ezzel a módszerrel Zsigmondy képes volt 1/1 000 000 mm-es részecskéket látni, és ő volt az első, aki a "nanorészecskék" kifejezést explicit módon alkalmazta ilyen részecskékre (Strambeanu et al. 2015).

A nanotechnológia segítségével különböző típusú nanoméretű anyagokat állítottak elő. A nanorészecskék olyan részecskék, melyek mérete 1 és 100 nm között van. A nanorészecskék lehetnek 0D-s, 1D-s, 2D-s és 3D-s alakúak, alakjuktól függően. Az ezen nanorészecskéknek tulajdonított jelentőség akkor vált nyilvánvalóvá, amikor a kutatók rájöttek, hogy a méret képes befolyásolni az anyagok fizikai-kémiai tulajdonságait (Ijaz et al. 2020).

A nanotechnológia magában foglalja a képalkotást, mérést, modellezést és az anyag manipulálását ezen a skálán. Ezeknek a technológiáknak néhány legígéretesebb felhasználása alapvető szektorokban jelent meg, mint például az energia, kommunikáció, víztisztítás, szennyezés csökkentése és környezeti előrehaladás, fejlettebb anyagok és új termékek, valamint orvosi és gyógyászati alkalmazások (Ferreira, Cemlyn-Jones, and Robalo Cordeiro 2013).

A nanorészecskék a következő kritériumok alapján osztályozhatók: (Strambeanu et al. 2015)

– Eredet:

- Természetes
- Antropogén (emberi tevékenység által létrehozott)

- Méret:
 - 1–10 nm
 - 10–100 nm
 - 100 nm felett
- Kémiai összetétel:
 - Szervetlen anyagok
 - Szerves anyagok
 - Élővilág elemek.

A szakdolgozatom célja réz alapú nanorészecskék előállítása vizes közegben különböző körülmények között (az oldatok rézionkoncentrációja, oldat pH-ja, redukálószeres és stabilizátorok). A cél eléréséhez a következő feladatokat kellett megvalósítani: elemezni az irodalmat a réz alapú nanorészecskék előállításával kapcsolatban. Az elemzés alapján kiválasztani a szintézis és vizsgálati módszereket. A vizsgálat során meghatározni az optimális körülményeket réz alapú nanorészecskék előállítására vizes oldatokból. Az eredményeket felhasználni óra kidolgozására a 11. osztályos tanulók számára „Korszerű technológiák” témakörből.

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1.A nanorészecskék fontos tulajdonságai

A nanorészecskék alkalmazási köre a gyógyszerektől és a gyógyszer szállítástól a hatékony napelemek kifejlesztéséig terjed. Alkalmazásaik természetéből adódóan kulcsfontosságú, hogy ezeket a nanorészecskéket számos fizikai, kémiai és biológiai tulajdonsággal jellemezzük. A (1.1. táblázat) számos jelentős tulajdonságot sorol fel (Kumar and Dixit 2017).

1.1. táblázat

A nanorészecskék fontos fizikai-kémiai tulajdonságai (Kumar and Dixit 2017)

• Részecske alakja, mérete és eloszlása
• Részecske durvasága és topográfiája
• Felületi terület és felületi kémia
• Stabilitás, diszperzió, duzzadás, agglomeráció és aggregáció
• Tisztaság
• Reaktivitás és hidrofób tulajdonságok

Részecske alakja

A nanorészecskék alakja kritikus szerepet játszik a funkcionális nanorészecskék fizikai tulajdonságainak meghatározásában, beleértve plazmonikus rezonanciájukat, katalitikus aktivitásukat, adhéziós erősségüket és a biológiai rendszerekkel való kölcsönhatásukat (Ding et al. 2022).

Elektronikus és optikai tulajdonságok

A nanorészecskék optikai és elektronikus tulajdonságai nagyobb mértékben függenek egymástól. Például a nemesfém nanorészecskék méretfüggő optikai tulajdonságokkal rendelkeznek, és erős UV-látható kioltási sávot mutatnak, amely nincs jelen az ömlesztett fém spektrumában. Ez a gerjesztési sáv akkor jön létre, ha a beeső foton frekvencia állandó a vezetési elektronok kollektív gerjesztésével, és lokalizált felületi plazma rezonancia néven ismert. Az plazmarezonanciai gerjesztés hullámhossz szelekciós abszorpciót eredményez rendkívül nagy moláris gerjesztési együttható rezonancia mellett. A fénysugár tíz fluorofor hatékonyságával egyenértékű, és a nanorészecskék felületéhez közeli megerősített lokális elektromágneses terek javítják a különböző spektroszkópai módszerek által kapott spektrumok minőségét. Jól bebizonyosodott, hogy a plazma rezonancia spektrum csúcs hullámhossza függ a nanorészecske méretétől, alakjától és a részecskék közötti távolságtól, valamint a vizsgált anyag saját dielektromos

tulajdonságaitól és a környezet tulajdonságaitól, beleértve a szubsztrátot, az oldószereket és az adszorbátumokat(Khan, Saeed, and Khan 2019).

Mágneses tulajdonságok

A mágneses nanorészecskék nagy érdeklődésre tartanak számot különböző tudományágakban, beleértve a heterogén és homogén katalízist, a gyógyászatot, a mágneses folyadékokat, az adattároló mágneses rezonancia képalkotást (MRI) és a környezetvédelmet, például a víz fertőtlenítését. Ezek a tulajdonságok a szintézis körülményeitől is függenek, és különféle szintetikus módszerek, például szolvotermikus, koprecipitáció, mikroemulzió, termikus bomlás és láng permetes szintézis használhatók előállításukra(Khan, Saeed, and Khan 2019).

Mechanikai tulajdonságok

A nanorészecskék sajátos mechanikai tulajdonságai lehetővé teszik a kutatóknak, hogy újszerű alkalmazásokat keressenek számukra számos fontos területen, például a tribológiában, a felületkezelésben és a nano gyártásban. A nanorészecskék eltérő mechanikai tulajdonságokat mutatnak a mikrorészecskékéhez és azok ömlesztett anyagaihoz képest. Ezen kívül kenet vagy zsírozott érintkezésben a nanorészecske és az érintkező külső felület közötti keménység kontrasztja szabályozza, hogy a nanorészecskék benyomódnak-e az érintkező felületbe, vagy deformálódnak-e, ha az érintkezési nyomás jelentősen nagy. Ez a fontos információ elárulhatja, hogyan viselkednek nanorészecskék a két test surlódásakor. A nanorészecske mechanikai jellemzőinek megfelelő ellenőrzése és bármilyen felülettel való kölcsönhatása létfontosságú a felület minőségének meghatározásához és az anyageltávolítás növeléséhez. A gyümölcsöző eredmények ezeken a területeken általában a nanorészecskék mechanikai tulajdonságainak mély vizsgálatát igénylik, mint például a rugalmassági modulus és keménység, a mozgástörvény, a surlódás és a határfelületi adhézió, valamint ezek méretfüggő jellemzői(Khan, Saeed, and Khan 2019).

Termikus tulajdonságok

Jól ismert tény, hogy a fém nanorészecskék hővezető képessége nagyobb, mint a folyadékoké. Például a réz hővezető képessége szobahőmérsékleten körülbelül 700- szor nagyobb, mint a vízé, és körülbelül 3000-szer nagyobb, mint a motorolajé. Ezért a szuszpendált szilárd részecskéket tartalmazó folyadékok várhatóan jelentősen jobb hővezető képességet mutatnak, mint a hagyományos hőhordozó folyadékok. A nanofluidokat úgy állítják elő, hogy a nanométer méretű szilárd részecskéket diszpergálják

folyadékokba, például vízbe, etilén-glikolba vagy olajokba. A nanofluidok várhatóan jobb tulajdonságokat mutatnak, mint a hagyományos hűtőanyag folyadékok és a mikroszkopikus méretű részecskéket tartalmazó folyadékok. Mivel a hűtőanyag a részecskék felületén megy végbe, kívánatos a nagy összfelületű részecskék alkalmazása (Khan, Saeed, and Khan 2019).

Antimikrobiális tulajdonságok

A nanorészecskék egyes biológiai tulajdonságait különböző fémekből különböző szintetikus módszerekkel előállított nanorészecskék antimikrobiális érzékenységi vizsgálatával tárták fel. Beszámoltak arról, hogy a fém nanorészecskék széles spektrumú antimikrobiális aktivitást mutatnak különböző mikroorganizmusfajták ellen, beleértve a gombákat és a Gramm-pozitív és Gramm-negatív baktériumokat. Antibakteriális aktivitásról számoltak be az *Escherichia coli* és a Gramm-pozitív baktériumok egy nem rezisztens törzse (*Staphylococcus aureus*) ellen (Usman et al. 2013).

1.2. Vizsgálati módszerek

A nanorészecskék fent említett tulajdonságainak jellemzésére számos korszerű eszköz áll rendelkezésünkre (1.2. táblázat). Ezek az eszközök részletes információkat nyújtanak a nanorészecskék fizikai és kémiai tulajdonságairól (Kumar and Dixit 2017).

1.2. táblázat

Nanorészecskék tulajdonságait vizsgáló módszerek (Kumar and Dixit 2017)

A nanorészecskék tulajdonságai	Jellemzési módszerek
Morfológia (forma/méret)	Dinamikus fényszórás Elektronmikroszkópia (szkennelő/transzmissziós) Atomerő mikroszkópia
Topográfia (felület)	Röntgen diffrakció BET
Kémiai	UV-látható spektroszkópia Elektron-diszperzív röntgen-spektroszkópia Fourier-transzformált infravörös spektroszkópia / csillapított teljes visszaverés
Elektromos	Elektrokinetika (zéta/ciklikus voltammetriás vizsgálatok)
Optikai	Mikroszkópia Kettős foton korrelációs spektroszkópia Raman spektroszkópia Felszíni plazmon rezonancia
Biológiai	Ín vitro sejtelképesség Ín vivo Mikrobakolónia életképessége

Számos jellemzési módszert dolgoztak ki a nanorészecskék méretének, eloszlásának, alakjának, felületi töltésének és porozitásának vizsgálatára különböző környezetekben. Bemutatásra kerül néhány speciális módszer is a nanorészecskék jellemzésére, amelyek lehetővé teszik a nanorészecskék adott tulajdonságainak szélesebb körű megismerését (Modena et al. 2019).

Dinamikus fényszórás (DLS)

A DLS egy fényszórási módszer, amellyel monokromatikus fényforrás, például lézer segítségével vizsgálható a kisméretű részecskék méreteloszlása, még szubmikrontól egy nanométerig terjedő méretű polimerek vagy molekulák esetében is, akár oldatban, akár szuszpenzióban. A nanoanyagok számos fizikai-kémiai jellemzője, például szerkezete, alakja, hidrodinamikai mérete, aggregációs állapota és még a bimolekuláris konformáció is felfedezhető sugárzásszórási technikákkal. A DLS egy gyakran használt technika a fém nanorészecskék fizikai-kémiai jellemzésére a részecskeméret és a méreteloszlás becslésére. A DLS reprodukálható, rövid kísérleti időtartammal, pontos a monodiszperz minták hidrodinamikai méretének meghatározásában, és használható különböző koncentrációjú hígított mintákban lévő részecskék mérésére, kis mennyiségű nagyobb molekulatömegű fajták kimutatására. A DLS technikát széles körben alkalmazzák fém nanorészecskék folyékony fázisban történő méretezésére (Shnoudeh et al. 2019).

Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM)

A transzmissziós elektronmikroszkópia kétségtelenül az egyik legfontosabb technikája a nanorészecskék jellemzésére. A TEM fókuszált elektronsugarat alkalmaz vékony (általában 200 nm-nél kisebb) mintán, hogy a nanoméretű anyagokról nagy oldalirányú térbeli felbontású mikro felvételeket készítsen. A jelenlegi elektronmikroszkópok akár 0,05–0,1 nm- es felbontást is képesek elérni az aberráció javítókkal történő képtorzítás csökkentésével, így atomi felbontású képeket biztosítanak. A TEM lehetővé teszi a kristályos anyagok kiválasztott mikroszkópos régióinak kristályszerkezetének tanulmányozását a becsapódó nyaláb térbeli behatárolásával és fókuszálásával, valamint a keletkező elektron diffrakciós kép detektálásával. Ennek a nagy térbeli felbontásnak és szelektivitásnak köszönhetően a TEM lehetővé teszi a méret, az alak és a kristályszerkezet egyrészecske szintű vizsgálatát (Modena et al. 2019).

Szkennelő elektronmikroszkópia (SEM)

Ez a technikahasonló az optikai mikroszkóphoz, amely fényforrásokat (fotonokat) és üveglencsét használ felnagyított képek létrehozásához. Míg az elektronmikroszkóp

elektronokat használ, ahol a beeső elektronnyaláb keresztirányban pásztázza a mintát, és információt nyújt az atomok összetételéről, valamint a minták topográfiai részleteiről. A SEM egy felület érzékeny képalkotó eljárás, amely rutinszerűen három elemzési módot használ: szekunder elektron (SE) mód, visszaszórt elektron (BSE) mód és röntgen energiadisziperzív spektroszkópia. Sok nem vezető biokémiai anyag töltést vesz fel, és nem töri meg megfelelően az elektronsugarat, ami hibákhoz vezet a képalkotásban. Ezen hibák kiküszöbölése érdekében a minták előkészítése során a biomolekulákat ultravékony elektromosan vezető anyagréteggel vonják be. A legtöbb elektronmikroszkópos módszernek vannak olyan hátrányai, mint a minta megsemmisülése az előkészítés során, és a méreteloszlás torz statisztikai elemzése, amit nehéz elkerülni a SEM-ben. A SEM-hez való minta-előkészítés azonban kevésbé bonyolult a TEM-hez képest, mivel az előbbihez nem szükséges vékony minta, és nincs is nagy hatással rá a levegő expozíciója (Shnoudeh et al. 2019).

Atomerő-mikroszkópia (AFM)

Az AFM egy fizikai szkennelési módszer, amely nagy felbontásban képes mérni a részecskeméretet, ha a mintát szubmikron szinten, atomi léptékű szondacsúcs segítségével szkenneljük. Itt a műszer egy topográfiai térképet ad a mintához. A térképi eredmény a mintafelület és a csúcs erői alapján történik. Kétféle mérés létezik: kontakt és érintésmentes mód. Az érintkező vagy nem érintkező mód használata azonban a minta tulajdonságaitól függ. Az AFM-nek számos előnye van, az érzékeny biológiai minták leképezésénél a legfontosabb előny a nem vezető módban történő pásztázás, különösebb mintakezelés nélkül; polimer mikro- és nanoszerkezet is megengedett. A második előny az AFM azon képessége, hogy a legpontosabb leírásban matematikai kezelés nélkül tudja biztosítani a minta méretének és méret eloszlásának a meghatározását. Az AFM egy alkalmazható a nanoanyagok/részecskék, köztük a fém nanorészecskék és a biomolekulák közötti kölcsönhatások tanulmányozására és megértésére. Az AFM-szkennelést a fém nanorészecskék, mint Au és összetett anyagok, mint CdS nanokristályok méretbeli és morfológiai jellemzőinek jellemzésére is alkalmazták. Ezen kívül az AFM használható más fém nanorészecskék, például az Ag topográfiájának tanulmányozására (Shnoudeh et al. 2019).

Röntgen diffrakció (XRD)

Az XRD egy állítható, egyszerű, roncsolásmentes módszer a kristályos anyagok azonosítására. Az XRD számos célra használható, beleértve a kristályos arányának a

meghatározása, valamint azonosítása, mint például a nanorészecskékben és a nanoanyagokban, a minta tisztaságának elemzése mellett az elemi cella méretének meghatározására. A megfelelő XRD analízishez a mintákat porlasztják és homogenizálják. Az XRD-t számos anyag nanorészecskéinek jellemzésére használták, például Se nanorészecske, magnetit vas-oxid nanorészecske, Ag Au, Cu nanorészecske és még sokan mások(Shnoudeh et al. 2019).

Brunauer-Emmett-Teller (BET)

A Brunauer-Emmett-Teller (BET) technikát nanoméretű anyagok jellemzésére is használják. A gáz szilárd felületen történő fizikai adszorpciójának elvén alapul, és fejlesztői, Brunauer, Emmett és Teller vezetéknevének kezdőbetűivel nevezték el. Széles körben alkalmazzák nanoszerkezetek felületének meghatározására, viszonylag pontos, gyors és egyszerű módszer erre a célra(Mourdikoudis, Pallares, and Thanh 2018).

Ultraibolya látható spektroszkópiai vizsgálatok és plazmonrezonancia

A spektroszkópia a fény és egyéb sugárzás anyagok általi kibocsátásának és elnyelésének roncsolásmentes vizsgálata az elektromágneses sugárzás hullámhosszának függvényében. Az UV-látható spektroszkópiai alkalmazások általában UV (185-400 nm) és látható (400-700 nm) fényrel foglalkoznak. Általában az olyan fém nanorészecskéket, mint a vas, a szelén és mások a spektroszkópia jellemzi, különösen a szintézis után, mivel a reakcióelegy színe megváltozik(Shnoudeh et al. 2019).

Fourier transzformációs infravörös spektroszkópia (FTIR)

Az FTIR spektroszkópiai módszert használják az abszorpciós vagy emissziós infravörös spektrum rögzítésére. A teljes frekvencia tartományt (5000-400 cm) lefedő fény felhasználható a nanorészecskékkel kapcsolatos funkciós csoportok rezgésének vizsgálatára, valamint a fém nanorészecskék zöldsintézisét megelőző növények funkciós csoportjainak mérésére, a nanorészecskékhez kapcsolódó biológiai vegyületek vizsgálatára. Ezen kívül az FTIR gyors, precíz és roncsolásmentes módszert tesz lehetővé a nanorészecskékhez kapcsolódó különböző ligandumok meghatározására(Shnoudeh et al. 2019).

Kisszögű röntgenszórás (SAXS)

A kisszögű röntgenszórás nagyon sokoldalú módszer a nanoanyagok jellemzésére. A mintát röntgensugárral megvilágítják, és a szórt besugárzást kis szögben, általában $0,1^\circ$ és 5° között regisztrálják. A mintán áthaladó szórt röntgenfotonok intenzitás eloszlása alapján információk nyerhetők a részecskeméretéről, méreteloszlásról, morfológiáról,

kristályosságról, molekulatömegről és agglomerációról. Ha a detektor által felügyelt abszolút intenzitás megfelelően kalibrálva van, a részecskekonzentrációra vagy a porozitásra vonatkozó információk is rendelkezésre állnak. A minták lehetnek szilárd anyagok, porok, kompozitok vagy nanorészecskék diszperziói folyékony közegben. Együttes módszer lévén, a SAXS nagyon sok nanoobjektumot vizsgál egyszerre, és a mért adatok statisztikailag releváns átlagot adnak a minta nagy részén. Ezen kívül csak minimális minta-előkészítésre van szükség, a mérés általában roncsolásmentes, és gyakran használható *in situ* vagy operandus körülmények között kolloid nanorendszerek natív állapotukban történő tanulmányozására. A rögzített SAXS mintázat két komponensből áll, nevezetesen az alaktényezőből, amely a nanorészecskék átlagos szerkezeti tulajdonságairól tartalmaz információkat, és a szerkezeti faktorból, amely a nanorészecskék helyzeti korrelációjáról adhat információt (Modena et al. 2019).

Tömegspektrometria (MS)

A tömegspektrometriát eredetileg a nanorészecskék összetételének jellemzésére használták. A lágy ionizációs technikák, mint például az elektropray ionizáció (ESI) és a mátrix asszisztált lézeres deszorpciós ionizáció (MALDI), valamint a MegaDalton tartományban lévő minták elemzésére alkalmas elválasztási és kimutatási módszerek, mint például az ion-mobilitás spektrometria (IMS), repülési idő (TOF) analízis és egyrészecskés induktív csatolású plazma tömegspektrometria (singleparticle ICP-MS) segítségével az MS alkalmazási körét kiterjesztették néhány nanométertől több száz nanométer átmérőjű ép nanorészecskék elemzésére is. Az elemzési módszerek sokoldalúságának köszönhetően az MS-t az elemi összetétel mellett a nanorészecskék különféle tulajdonságainak vizsgálatára is alkalmazták. A nanorészecskeméret-leválasztás és az MS detektorok integrálása lehetővé tette a néhány tíz nanométeres nanorészecskék számkoncentrációjának és méreteloszlásának tanulmányozását egyrészecske-detektáló képességgel. Az MS abban is egyedülálló, hogy információt szolgáltat a nanorészecskék felületén keletkezett funkcionális rétegről (Modena et al. 2019).

Fluoreszcencia korrelációs spektroszkópia (FCS)

A fluoreszcencia korrelációs spektroszkópia és a fluoreszcencia keresztkorrelációs spektroszkópia (FCCS) a szórt fény helyett a kibocsátott fény detektálásán alapul. Miközben a fluoroforok be- és kifelé diffundálnak a gerjesztő fény korlátozott térfogatán egy konfokális mikroszkópos berendezésben, fluoreszcens fényt bocsátanak ki, és a kibocsátott fény ebből eredő intenzitás-ingadozásait egy detektor rögzíti ADSL-hez

hasonlóan az intenzitás- ingadozások felhasználható kautokorrelációs vagy keresztkorrelációs függvények létrehozására, amelyek viszont lehetővé teszik a translációs diffúziós együtthatók kinyerését, és maguk a diffúziós együtthatók a hidrodinamikus részecskemérettől függenek(Modena et al. 2019).

Környezeti pásztázó elektronmikroszkóp (ESEM)

Az ESEM hasonló a SEM-hez, de előnye van. Az ESEM által leképezett mintákat részleges gőznyomás alatt figyelik meg a mikroszkóp mintakamrájában, megőrizve a minta környezeti feltételeit, ami lehetővé teszi a minták szokásos állapotában történő leképezését, módosítás és előkészítés nélkül(Shnoudeh et al. 2019).

Sűrűséggradiens és méretkizárásos centrifugálás

Sűrűséggradiens és méretkizárásos centrifugálás is használható a részecskeméret becslésére, és lehetővé teszi a részecskeméret elméleti kiszámítását. Ennek a megközelítésnek a kulcsa az, hogy elválasztja a homogén egyméretű részecskepopulációt a többszörösen diszpergált mintáktól. Ez lehetővé teszi a kutatók számára, hogy az alkalmazásnak megfelelően meghatározott méretű mintát gyűjtsenek(Kumar and Dixit 2017)

Nanorészecske követés analízis (NTA)

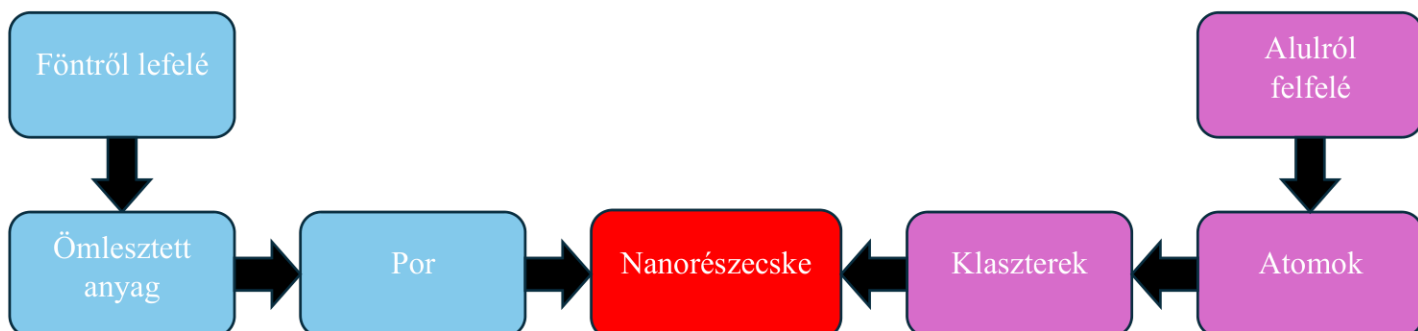
A Nanorészecske Követés Analízis (NTA) viszonylag új, de gyorsan elterjedt technika, amely képes a nanorészecskék méretének mérésére, alacsonyabb koncentrációs érzékelési határral rendelkezik, mint a DLS. A fényterjedés és a Brown-mozgás tulajdonságait használja fel ahhoz, hogy folyadék diszperzióban lévő minták nanorészecskéinek méreteloszlását meghatározza(Mourdikoudis, Pallares, and Thanh 2018).

Nukleáris Mágneses Rezonancia (NMR)

A Nukleáris Mágneses Rezonancia spektroszkópia egy másik fontos analitikai technika a nanoméretű anyagok mennyiségi és szerkezeti meghatározásában. Ez a módszer azzal az NMR jelenséggel dolgozik, amelyet azok a magok mutatnak, amelyek nem nulla spinnel rendelkeznek erős mágneses térben, ami kis energiakülönbséget okoz a "felfelé pörgetett" és "lefelé pörgetett" állapotok között. Ezek közötti átmeneteket elektromágneses sugárzás segítségével, rádióhullám tartományban lehet vizsgálni. Az NMR-t általában arra használják, hogy tanulmányozzák a ligandum és a diamágneses vagy antiferromágneses nanorészecskék felszíne közötti kölcsönhatásokat vagy koordinációt(Mourdikoudis, Pallares, and Thanh 2018).

1.3. Nanorészecskék előállítási módszerei

A nanoanyag előállítási módszerek a szerint osztályozhatók(1.1. ábra), hogy összeszerelésük az úgynevezett “alulról felfelé” vagy a “fönről lefelé” irányuló megközelítést követte(Arole and Munde 2014).



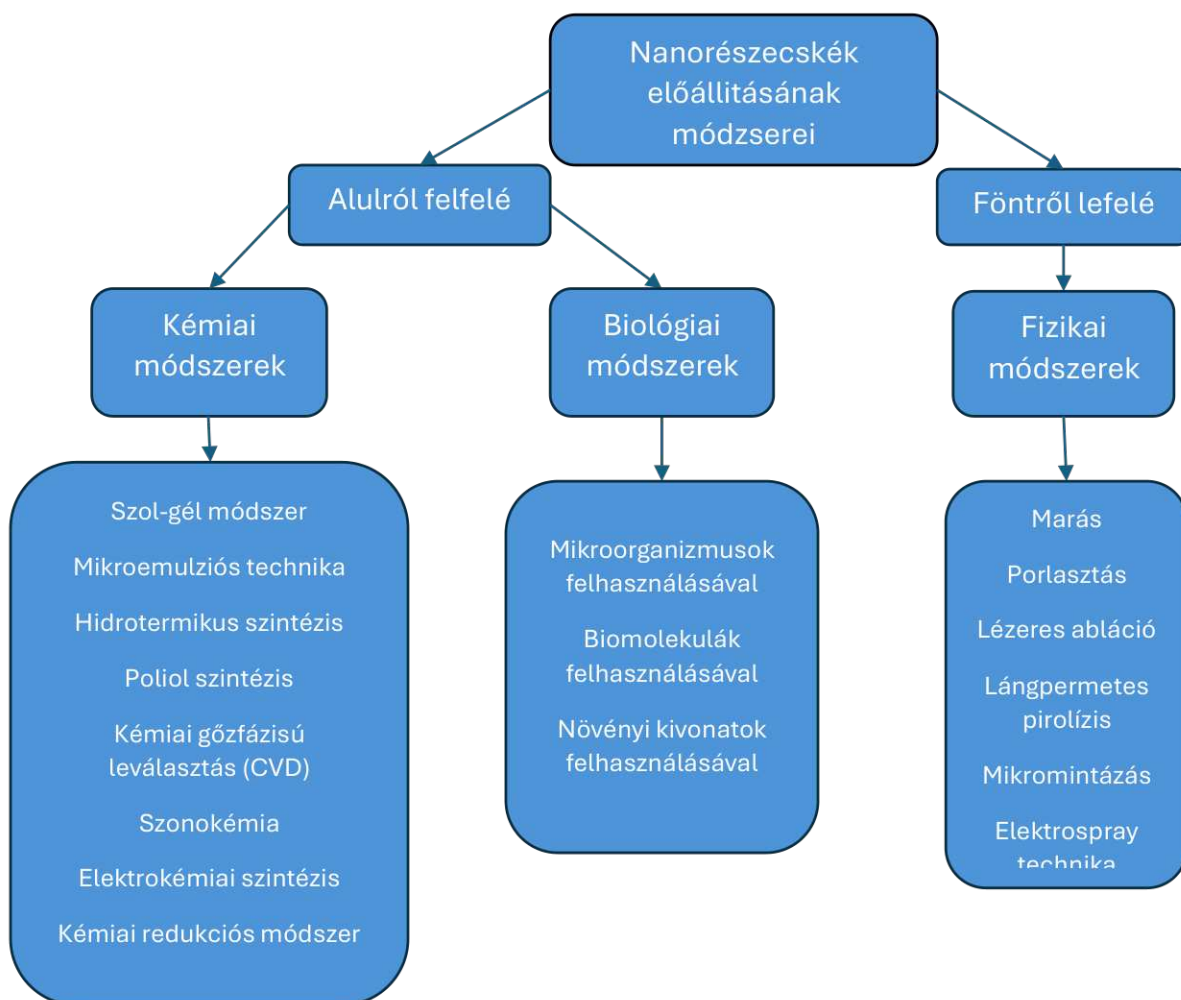
1.1. ábra. “alulról felfelé” vagy a “fönről lefelé” irányuló megközelítések

A fönről lefelé irányuló eljárásokban kiindulási anyagként ömlesztett anyagot használnak, és a részecskeméretet különböző fizikai, kémiai és mechanikai eljárások során nanorészecskékre redukálják, míg az alulról felfelé irányuló eljárásokban az atomok vagy molekulák a kiindulási anyag(Jamkhande et al. 2019). A fönről lefelé irányuló megközelítések külső vezérlésű folyamatokat foglalnak magukban, amelyek során az anyagokat a kívánt sorrendbe és alakba formázzák, vágják, marják és alakítják. Számos fizikai módszer, mint például a pirolízis, nanolitográfia, termolízis és sugárzás által kiváltott módszerek tartoznak ebbe a kategóriába. Ennek a megközelítésnek azonban van egy nagy korlátja, amely a keletkező nanorészecskék tökéletlen felületi szerkezete, amely jelentősen befolyásolja fizikai és kémiai tulajdonságaikat. Ezen túlmenően ez a módszer óriási mennyiségű energiát igényel a magas nyomás és magas hőmérséklet fenntartása érdekében a szintetikus eljárás során, ami költségessé teszi az eljárást(Habibullah, Viktorova, and Ruml 2021).

Az alulról felfelé építkező megközelítés előnyösnek bizonyult, mivel sokkal jobban szabályozza a végtermék képződését, homogénebb méretben, formában (fizikai paraméterek) és kémiai összetételben. Ráadásul ez a megközelítés általában olcsóbb. Az alulról felfelé építkező megközelítés általában nedves-kémiai szintézis eljárás, például kémiai, elektrokémiai, szonokémiai és zöld szintézis. Az alulról felfelé építkező megközelítésben a szintetizált részecskék reakcióelegyükből való tisztítása (mérgező vegyszerek, szerves oldószerek és reagensek) komoly kihívást jelent, amely

megkérdőjelezi orvosbiológiai alkalmazásukat, kivéve a zöld szintézis módszereket(Habibullah, Viktorova, and Ruml 2021).

Általában a nanorészecske szintézis módszereit három csoportba lehet sorolni(1.2. ábra.) - fizikai módszerek, kémiai módszerek és biológiai segítségű módszerek(Dhand et al. 2015).



1.2. ábra. Nanorészecskék előállításának módszerei

1.3.1.Fizikai módszerek

A fizikai módszerek mechanikai nyomást, nagy energiájú sugárzást, hőenergiát vagy elektromos energiát alkalmaznak anyagkopás, olvadás, párolgás vagy kondenzáció előidézésére,így nanorészecskéket hoznak létre. Ezek a módszerek főként fönről-lefelé irányuló stratégián alapulnak, és előnyösek, mivel mentesek az oldószeres szennyeződéstől, és egységes monodiszperz nanorészecskéket állítanak elő(Dhand et al. 2015).

Marás

A marást általában a föntről-lefelé irányuló folyamatok nyilvános arcként ábrázolják, mivel az ömlesztett anyagok közvetlen mikro-/nanostruktúrákra való felosztását jelenti. A mechanikus marásnál a hengerek/golyók mozgási energiája átadódik az ömlesztett anyagnak, ami a szemcseméret csökkenését eredményezi. Az olyan paraméterek, mint a malom típusa, az őrlési légkör, az őrlési közeg, az intenzitás, az idő és a hőmérséklet döntő szerepet játszanak a nanorészecskék formájának és méretének szabályozásában(Habibullah, Viktorova, and Ruml 2021).

Porlasztás

A porlasztás egy vákuumalapú fizikai gőzfázisú leválasztásos (PVD) eljárás, amelyet gyakran használnak filmek és nanorészecskék lerakására. A porlasztás az impulzustranszfer elvén működik, amelyben a célpontból (amely a lerakandó anyagból áll) az atomokat az ionbombázás kilöki. Az anyag porlasztással történő leválasztása egyenáramú, impulzusos egyenáramú és rádiófrekvenciás teljesítményekkel valósítható meg. Ennek a módszernek a hatékonysága elsősorban olyan tényezőktől függ, mint a rétegvastagság, a szubsztrátum típusa, az izzítási időtartam és a hőmérséklet, amelyek közvetlenül befolyásolják a nanorészecskék méretét és alakját(Dhand et al. 2015).

Lézeres abláció

Ebben a módszerben az anyag párologtatása nagynyomású lézerfény impulzusokkal történik. A berendezés egy nagy vákuumrendszer, amelyben inert gázt vezetnek be, és lézerfényel van felszerelve. Bármilyen anyagból olyan klaszterek szintetizálhatók, amelyekből szilárd célpont készíthető. Egy erős lézersugár elpárologtatja a szilárd forrásból származó atomokat, az atomokat pedig inert gáz atomokkal kolloidozzák, majd lehűlnek, klasztereket képezve. A lézeres abláció nanorészecskék, például félvezető kvantumpontok, szén nanocsövek, nanovezetékek és maghéj nanorészecskék létrehozására szolgáló technika. A nanorészecskék ebben a folyamatban lézerrel elpárologtatott részecskék magképződésével és fejlődésével jönnek létre háttérgázban. A kvantum mérettartományban nagy tisztaságú nanorészecskék előállításának képességét a gőz gyors kioltása segíti(Mr Sharad Kamble et al. 2023).

Lángpermetes pirolízis

A lángpermetes pirolízis a legújabb láng aeroszol technológia. Ez egy egylépéses égési folyamat, ahol a prekursor folyékony formában van, lényegesen nagyobb égési entalpiával, általában szerves oldószerben. Ennek a folyamatnak a fontos technológiai

elemei közé tartozik az önfenntartó láng, a folyékony betáplálás és a kevésbé illékony prekursorok használata, a bizonyított méretezhetőség, a magas hőmérsékletű lángok és a nagy hőmérsékleti gradiensek. Ez az egyik leginkább kiaknázott technika komplex és funkcionális nanorészecskék előállítására(Dhand et al. 2015).

Mikromintázás

Általában ez a technika egyenértékű egy olyan nyomtatási eljárással, amelynek során egy anyagot fény- vagy elektronsugárral vágnak vagy formálnak a kívánt alakra és méretre a megfelelő prekursorból nanostrukturált tömbök szintéziséhez. Ez egy alacsony hőmérsékletű, nem vákuum módszer(Habibullah, Viktorova, and Ruml 2021).

Elektrospray technika

Az elektrospinzés egy olyan technika, amely hasonló az elektrofonáláshoz, de különbözik az előállítandó anyag típusától. Az előbbi nanorészecskék szintetizálására, míg az utóbbi nanoszálak előállítására szolgál. Az elektropermetezési módszer egy elektromechanikus berendezésen alapul, amelyben a kiválasztott polimert és az oldószert tartalmazó oldat keverékét a fecskendő felveszi, és a kapilláris csúcsára nagy feszültséget vezetnek, ami töltött cseppek képződését eredményezi. Az oldószert elpárolog az ellenelektrodához vezető úton, majd a részecskéket vagy szálakat összegyűjtik végtermékként. Az elektropermetezési technika rugalmasságot és a felületi paraméterek szabályozását egyaránt biztosítja(Dhand et al. 2015).

1.3.2. Kémiai módszerek nanorészecskék szintézisére

A nanorészecskék kémiai szintézise az alulról felfelé építkező technikák egyike, mivel a részecskék az atommag kollektív atomjaiból képződnek(Kaabipour and Hemmati 2021)A sol-gél módszer, a mikroemulziós technika, a hidrotermikus szintézis, a poliolszintézis, a kémiai gőzszintézis és a plazma-fokozott kémiai gőzleválasztási technika a nanorészecske szintézis egyik leggyakrabban használt kémiai módszere(Dhand et al. 2015).

Sol-gél módszer

A sol-gél módszer az egyik jól kialakított szintetikus megközelítés a magas minőségű fénoxid nanorészecskék és kevert oxid kompozitok előállításához. Ez a módszer kiválóan képes ellenőrzés alatt tartani az anyagok szerkezetét és felületi tulajdonságait. Általában a sol-gél módszert öt fő lépésben lehet leírni: hidrolízis, polikondenzáció, érés, szárítás és hőbomlás(Parashar, Shukla, and Singh 2020). Ebben a folyamatban a prekursor

egy sor hidrolízisen és polikondenzációs reakción megy keresztül, és kolloid szuszpenziót vagy szolt képez. A szol-gél folyamat során egy rendszer folyékony „szol” -ből (többnyire kolloid) szilárd „gél” fázisba megy át. Ezután a gél szárítása, majd különböző hőmérsékleteken történő kalcinálása fém-oxid nanopor előállítására. A szol-gél módszerrel szabályozható a kész anyagok alakja, morfológiája és textuális tulajdonságai (Arole and Munde 2014).

Mikroemulziós technika

Az összes kémiai módszer közül a mikroemulziót egy nagyon sokoldalú és reprodukálható módszernek bizonyították, amely lehetővé teszi a nanorészecske méretének szabályozását, és szűk méreteloszlású nanorészecskéket eredményez. A normál emulzió és a mikroemulzió közötti lényeges különbség a részecskeméret és a stabilitás. A normál emulziók a cseppek összeolvadásával és az Ostwald-éréssel öregsznek. A mikroemulziók termodinamikailag stabilak, egyszeri optikai izotrópok és általában spontán képződnek. A mikroemulziók ultraalacsony határfelületi feszültséggel, nagy határfelületi területtel és vízben és olajban oldódó vegyületek szolubilizálására alkalmasak. A különböző komponensek arányától és a hidrofil-lipofil egyensúlytól (HLB) függően a felhasznált felületaktív mikroemulziók víz-az-olajban (W/O), olaj-a-vízben (O/W) és közbenső bikontinuális szerkezeti csoportba sorolhatók. típusok, amelyek reverzibilisen át tudnak fordulni egyik típusból a másikba. A diszpergált fázis monodiszperz cseppecskékből áll, 5-100 nm mérettartományban. A nanocsepp mérete az érintett paraméterek változtatásával módosítható, pl. a stabilizátor típusa, a folytonos fázis, a nanocseppekben oldott prekursor tartalom és a víztartalom, amelyet a víz és a felületaktív anyag molarányaként (W) nevezünk. Ezenkívül a mikroemulzió stabilitása befolyásolható só hozzáadásával, a reagensek koncentrációjával, hőmérsékletével vagy nyomásával (Zieliska-Jurek et al. 2012).

Hidrotermikus szintézis

A hidrotermikus szintézis az egyik leggyakrabban használt módszer a nanoanyagok előállítására. Alapvetően egy oldatreakció alapú megközelítés. A hidrotérmikus szintézis során a nanoméretű anyagok képződése széles hőmérséklet-tartományban megtörténhet a szobahőmérséklettől a nagyon magas hőmérsékletekig. Az előállítandó anyagok morfológiájának szabályozására a reakcióban a fő készítmény göznyomásától függően alacsony nyomású vagy nagy nyomású körülmények is alkalmazhatók. Sokféle nanoanyagot sikerült szintetizálni ezzel a megközelítéssel. A hidrotermális szintézis

módszereknek jelentős előnyei vannak másokkal szemben. A hidrotermikus szintézis olyan nanoanyagokat állíthat elő, amelyek nem stabilak magas hőmérsékleten. Hidrotermikus módszerrel, minimális anyagvesztéssel nagy gőznyomású nanoanyagok állíthatók elő. A szintetizálendő nanoanyagok összetétele jól szabályozható a hidrotermikus szintézis során folyadékfázisú vagy többfázisú kémiai reakciókkal (Gan et al. 2020). Kémiai oldatban a nanorészecskék kolloid rendszerből képződnek, amely két vagy több fázisból (szilárd, folyékony vagy gázállapot) álló anyagokat (pl. zselék és habok) kevernek össze szabályozott nyomás és hőmérséklet mellett. Ennek a módszernek az előnye, hogy hatalmas mennyiségű, optimalizált méretű, morfológiájú, összetételű és felületi kémiájú nanorészecskék szintetizálására képes, ami racionálisan olcsó (Dhand et al. 2015).

Poliol szintézis

A poliol szintézis a magas forráspontú, többértékű alkoholokban történő folyadékfázisú szintézist jelenti, és főként a nanorészecskékre irányul. Általánosságban a polioloik számos előnyt kínálnak. Először is, a rendelkezésre álló polioloik sokfélesége óriási alkalmazkodóképességet és rugalmasságot biztosít a poliol szintézis számára (Dong, Chen, and Feldmann 2015).

Kémiai gőzfázisú leválasztás (CVD)

A nanorészecskék előállítása jelentős érdeklődést váltott ki olyan nanofázisú anyagok gyártása iránt, amelyek a hagyományos durva szemcsés anyagokhoz képest egyedülálló és jobb tulajdonságokkal rendelkeznek, mint például alacsonyabb olvadáspont, fokozott katalitikus aktivitás és magasabb öndiffúziós együttható. A kémiai gőzfázisú leválasztás (CVD) az egyik leggyakrabban használt gőzfázisú aeroszolos eljárás nagy tisztaságú nanorészecskék előállítására. A CVD-eljárások során előállított nanorészecskék azonban aggregátumok formájában keletkeznek, mivel az alkalmazott magas hőmérsékleten koagulálódnak. A közelmúltban számos kísérletről számoltak be a gázok ionizálásának vagy a részecskék egypólusú töltésének kombinálására CVD-módszerekkel nem agglomerált nanorészecskék előállítására, mivel az egypólusúan töltött részecskék kölcsönös elektrosztatikus taszításon mennek keresztül, és így a részecskék ütközései és növekedése csökken (Nakaso et al. 2003).

Szonokémia

A szono-kémiai módszerek az ultrahang forrásának használatán alapulnak, amely kavitációt idéz elő egy redukálószerrel kevert fém prekuzort és egy felületaktív anyagot stabilizátorként tartalmazó oldatban. A mikrokavitációk kialakulása és további

összeomlása a folyadékfázisban helyi pontokat hoz létre, amelyek rendkívül magas hőmérsékletet (elméletileg 3000°C feletti) eredményezhetnek, és olyan kémiai reakciókat indíthatnak el, amelyek egyébként nem lennének megvalósíthatóak a hagyományos technikákkal. Szonokémiailag szintetizált ezüst, arany és platina nanorészecskék/nanóötvezetek vonzó anyagok a nanomedicinában és az elektrokatalízisben; ezeket gyorsabb kinetikával lehet előállítani, mint amit a tipikusan használt klasszikus nedveskémiai módszerek lehetővé tesznek. Azonban a sonolízis kissé költséges technika az eszközök költsége miatt, és problémákat jelent az egészségvédelem és a személyzet védelme szempontjából a magas frekvenciájú ultrahanggal kapcsolatos betegségek ellen(Reverberi et al. 2016).

Elektrokémiai szintézis

Az elektrokémiai szintézis alapvetően úgy értelmezhető, hogy két vagy több elektróda között elektromos áramot vezetünk át, amelyet az elektrolitban elhelyezkedő anódnak és katódnak nevezünk. Ennél a technikánál az anód az elektrolitban lévő fémionokká oxidálható, majd a fémiont a katód stabilizátorok segítségével később fémmé redukálhatja(Ramimoghadam, Bagheri, and Hamid 2014).

Ennek a módszernek a hatékonysága számos olyan paramétertől függ, mint a redukálószer jellege, a fém és a stabilizátor tisztasága, az elektrolit megválasztása, a koncentráció arány és a hőmérséklet, amelyek közvetlenül befolyásolják az fém nanorészecskék fizikai paramétereit(Habibullah, Viktorova, and Ruml 2021).

Kémiai redukciós módszer

Ez az egyik legelterjedtebb technika, mivel nem feltétlenül igényel finom vegyszereket, mint fém prekursorokat, és az eljárás mind vizes, mind szerves oldószerben végrehajtható. Az utolsó választás előnyösebb, ha a fém nanorészecskék különösen érzékenyek az oxidációra. Egy általánosan elfogadott technika szerint egy oldószerben oldott fém-prekuzort megfelelő redukálószerrel és felületaktív anyaggal kevernek össze egy jól kevert szakaszos reaktorban, inert atmoszférában. Ha két vagy több fémkationfajta van jelen az oldószerben, változó összetételű nanoméretű fázis képződik, és ez ígéretes módszer váratlan mechanikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkező metastabil fémötvezetek előállítására. A redukálószeres választéka nagyon széles, és az adott redox termodinamika függvénye; a redukálószeres aktivitását sok esetben erősen befolyásolja az oldat pH-ja(Reverberi et al. 2016).

1.3.3. Biológia módszerek nanorészecskék szintézisére

A bioszintetikus útvonal hatékonynak bizonyult a fém- és oxidnanorészecskék szintézisére. A fiziokémiai módszerekhez képest a bio-asszisztált utak csökkentik a környezetszennyezést. Ez azzal érhető el, hogy a zöld megközelítéssel járó előnyök magukban foglalják az anyagok és termékek mérgező hatásának csökkentését és az energiahatékonyság javítását, valamint kevésbé veszélyes vegyi anyagok és oldószerek használatát. A szintézishez használt biogén források könnyen biológiailag lebomlanak, és nem maradnak meg a környezetben, így hatékonyan alkalmazhatók a környezetvédelmi remediációban. Ezen túlmenően, a bio-asszisztált utak szennyeződésmentes nanorészecskéket eredményeznek, kis mérettel és jellegzetes morfológiával (Shanker et al. 2016).

Biogén szintézis mikroorganizmusok felhasználásával

A mikroorganizmusokról bebizonyosodott, hogy fontos nanogyárak, amelyek hatalmas potenciállal rendelkeznek környezetbarát és költséghatékony eszközként, elkerülve a mérgező, durva vegyszereket és a fizikokémiai szintézishez szükséges nagy energiaigényt. Az elmúlt néhány évben mikroorganizmusokat, köztük baktériumokat, gombákat és élesztőket vizsgáltak extra- és intracellulárisan fém nanorészecskék szintézisére. A mikroorganizmusok képesek extracellulárisan vagy intracellulárisan nanorészecskéket szintetizálni. Az extracelluláris szintézis során, miután a mikroorganizmusokat 1-2 napig forgó rázógépből optimális körülmények között tenyésztik, a tenyészetet centrifugálják a biomassza eltávolítására. A kapott felülúszót nanorészecskék szintetizálására használják szűrővel sterilizált fémoldat hozzáadásával, majd ismét inkubálják. A nanorészecske-szintézis a táptalaj színének változásával követhető nyomon; például az ezüst nanorészecskék színe mélybarnára változik, míg az arany nanorészecskék esetében rubinvörösre mélylila színre változik. Inkubálás után a reakcióelegy különböző sebességgel centrifugálható a közepes komponensek vagy nagy részecskék eltávolítására. Végül a nanorészecskéket nagy sebességgel vagy sűrűséggradienssel centrifugálhatjuk, vízzel/oldószerrel (etanol/metanol) alaposan mossák, és fenékszemcsék formájában összegyűjtik. A nanorészecskék intracelluláris szintézisében a mikroorganizmus meghatározott optimális növekedési periódusig tartó tenyésztése után a biomasszát centrifugálással összegyűjtik és steril vízzel alaposan átmoszák, majd szűrővel sterilizált fémoldattal steril vízben feloldják. Az extracelluláris szintézishez hasonlóan a reakcióelegy színváltozását szemrevételezéssel követjük nyomon. Az inkubációs időszak

után a biomasszát ismételt ultrahangos kezeléssel, mosással és centrifugálással távolítják el. Ezek a lépések elősegítik a sejtfal lebontását és lehetővé teszik a nanorészecskék felszabadulását. Az elegyet ezután centrifugálják, mossák és összegyűjtik(Singh et al. 2016).

Biogén szintézis biomolekulák felhasználásával

A homogén nanorészecskék biomolekulák felhasználásával történő előállítása a közelmúltban felkeltette az érdeklődést azok nem toxikus természete és nem igényel kemény szintetikus eljárásokat. Az aminosavak hatékony redukáló és zárószerként működnek az egyedi szerkezetű nanorészecskék szintetizálásában(Sharma, Kanchi, and Bisetty 2019).

Biogén szintézis növényi kivonatok felhasználásával

A növények felhasználása a nanorészecskék szintézisében egyre nagyobb érdeklődést vált ki a kutatók körében, mert egy lépéses biokémiai szintézis folyamatot biztosít. A növények kiváló lehetőséget kínálnak a nanorészecskék szintézisére, mivel a növényi forrásokat felhasználó protokollok mentesek a toxikus anyagoktól. A Geranium kivonat, az Aloe vera növény kivonatai, a napon szárított Cinnamomum camphora és Azadiracta indica levelek kivonatának felhasználásával arany- és ezüstnanorészecskék előállítását ismertették(Ingale and Chaudhari 2013).

1.4. Felhasználási terület

Kozmetikumok és fényvédők

A nano-emulziókat gyakran használják bizonyos kozmetikai termékekben, pl kondicionálókban vagy testápolókban. A nanoemulziók hagyományos kozmetikai összetevőket, például vizet, olajokat és felületaktív anyagokat kombinálnak egy kétfázisú rendszerben, amelyben nano méretű cseppek diszpergálódnak egy külsőfázisban(Patel, Prajapati, and Boghra 2011).

A fényvédők oldhatatlan, ásványi alapú anyagokat tartalmaznak, amelyek teljesítménye részecskeméretüktől függ. Az ásványi részecskék, mint például a TiO₂, 60-120 nm-es méretben verik vissza és szórják leghatékonyabban az UV-fényt. Ezeknek a részecskéknek a felületét gyakran kezelik inert bevonóanyagokkal, például alumínium-oxidokkal vagy szilíciumolajjal, hogy javítsák a diszperziót. fényvédő készítményekben(Patel, Prajapati, and Boghra 2011).

Íme néhány példa a piacon lévő nano kozmetikai termékekre: testfeszítő krém, bronzosító, bőrradír, szemceruza és hajformázó gél. Kutatások azt mutatják, hogy a nanorészecskék szinte minden személyes ápolási termékbe bekerültek a piacon, beleértve a dezodort, a szappant, a fogkrémet, a sampont, a hajkondicionálót, a ránctalanító krémet, a hidratáló krémet, az alapozót, a púdert, a rúzst, a pirosítót, a szemhéjfestéket, a körömlakkot, a parfümöt és a borotválkozás utáni balzsamot is (Patel, Prajapati, and Boghra 2011).

A nanorészecskék olyan fizikai és kémiai tulajdonságai, amelyek befolyásolhatják a bőr felvételét, és amelyek vizsgálatot igényelnek, a következők: részecskeméret és alak, felületi jellemzők, beleértve a bevonatok jelenlétét, elektronikus töltés és dózis (Patel, Prajapati, and Boghra 2011).

Katalitikus szer

A nanorészecskék különféle katalitikus alkalmazásokhoz fejlesztették ki. A nanorészecskék katalitikus reakcióinak számos előnye van, beleértve az alacsony reakcióhőmérsékletet, a fényátlátszóságot és a szilárd hordozókon való könnyű rögzítést. A 2 nm átlagos átmérőjű és hat atomos monoréteg magasságú nanorészecskék optimális katalitikus aktivitást mutattak. A licsi kivonattal előállított Ag nanorészecskék még háromszori újra felhasználás után is jelentős fotokatalitikus aktivitást mutattak (Rahimi and Doostmohammadi 2020).

Élelmiszer

A nanotechnológia az élelmiszertudomány számos aspektusára hatással van, az élelmiszerek növekedésétől a csomagolásig és végül a fogyasztásig. Mivel kicsik, a nanorészecskéket ígéretes anyagoknak tekintik az élelmiszeriparban, nevezetesen a nanorészecskéket szállító rendszerekben, élelmiszerbiztonságban és biológiai biztonságban (Das, Saxena, and Dwivedi 2009).

Építkezés

A nanorészecskés technológiák beépítése az építőiparba további lépés a zöld, hatékony intelligens épületek felé. A nanorészecskék kötőanyagként használhatók a cementben, hogy javítsák annak tulajdonságait, például szilárdságát, tartósságát és megmunkálhatóságát. Szilícium-dioxid nanorészecskéket és polimer adalékanyagokat már alkalmaztak, mivel ezek hozzájárulnak a sűrűbb és stabilabb szuszpenzióhoz. Az acélszerkezeteket, a szén nanoszálakat vagy a nanoagyagot helyettesítő szén nanocsövek javítják mechanikai tulajdonságaikat. A nanorészecskék használhatók javítóhabarcsokhoz

vagy jövőbeni öngyógyuló betonokhoz és repedések helyreállításához is. A nanoszerkezetű fém-oxidok felhasználhatók fotokatalitikus termékként, antibakteriális, öntisztító és víz- vagy baktériumriasztóként. Összességében a nanotechnológia egyedülálló jellemzőket kínál az építőiparban számos alkalmazási területen. Ezek az erősebb kompozitok, a könnyebb szerkezetek, a cementkötésű anyagok jobb tulajdonságai, az energiahatékonyság, a csökkent hőátadás, az antibakteriális felületek, az öntisztító bevonatok, az öngyógyuló beton, az üveg fokozott fényvisszaverő képessége és az energiatermelés(Papadaki, Kiriakidis, and Tsoutsos 2018).

Megújuló energia és környezeti kármentesítés

Az energia és a környezet helyreállításának kérdése kiemelkedő fontosságú az emberiség számára. A környezet helyreállításában a hibrid nanokompozitok lehetőséget kínálnak a levegő és a víz szennyező anyagainak, például gázok (SO₂, CO, NO_x), szervetlen (nehézfém- és fluoridionok) és szerves (festékek, illékony szerves vegyületek, klórozott szerves vegyületek) szennyező anyagainak kimutatására és hatékony eltávolítására. A nanomaterialok jobb teljesítményt nyújtanak a fenntartható energia termelésében és a környezet helyreállításában, mint a hagyományos technikák, egyedi tulajdonságaik miatt, mint például a magas fotokatalitikus aktivitás, kiváló vezetőképesség a porozitással, nagy felület, könnyű átalakíthatóság, fizikai-kémiai és mechanikai tulajdonságok, valamint kémiai stabilitás. Így a hibrid nanomaterialok további előnyt jelentenek a zöld energiaforrások, mint például a napenergia, a szélenergia és a vízenergia fejlesztésében(Rajpurohit et al. 2022).

Elektronika

A mai napokban a nagy méretű és magas fényerejű kijelzők iránti fokozott igény, amelyeket a számítógép monitorokban és televíziókban használnak, ösztönzi a nanorészecskék használatát a kijelző technológiában. Például a nanokristályos ólom-tellurid, kadmium-szulfid, cink-szelenid és szulfid használatos a modern kijelzők fénykibocsátó diódáiban (LED). A hordozható fogyasztói elektronika, mint a mobiltelefonok és a laptop számítógépek fejlődése hatalmas keresletet eredményezett a kompakt, könnyű és nagy kapacitású akkumulátorok iránt. A nanorészecskék ideális választást jelentenek az akkumulátorok szeparátorlemezeihez. Jelentősen több energia tárolható a hagyományos akkumulátorokhoz képest habszerű (aerogél) struktúrájuk miatt. A nanokristályos nikkeltől és fém-hidridekből készült akkumulátorok, nagy felületük miatt, kevesebb újratöltést igényelnek és hosszabb élettartammal rendelkeznek. A

nanorészecskék elektromos vezetőképességének növekedése lehetővé teszi gázok, például NO_2 és NH_3 kimutatását. Ez a nanorészecskék és az NO_2 közötti töltésátadás következtében megnövekedett pórusoknak köszönhető, mivel a gázmolekulák összekapcsolódva jobb gázérzékelővé teszik őket (Ealias and Saravanakumar 2017).

Orvostudomány

A nanotechnológia javította az orvostudomány területét a nanorészecskék alkalmazásával a gyógyszeradagolásban. A gyógyszert nanorészecskék segítségével célzottan lehet a specifikus sejtekhez juttatni. A teljes gyógyszerfogyasztás és a mellékhatások jelentősen csökkennek azáltal, hogy a gyógyszert a szükséges területre és szükséges dózisban juttatják el. Ez a módszer csökkenti a költségeket és a mellékhatásokat. A sérült szövetek reprodukciója és javítása is elvégezhető nanotechnológia segítségével. A hagyományos kezelések, mint a mesterséges implantátumok és szervátültetések helyettesíthetők szövetsebészettel. Ilyen például a csontok szén nanocső állványzatának növekedése (Ealias and Saravanakumar 2017).

Antibakteriális szer

Az antibiotikum-rezisztens baktériumfajok elterjedése veszélyt jelent az emberi egészségre. A jelentős antibakteriális tulajdonságokkal rendelkező nanorészecskék, amelyek nem rendelkeznek bakteriális rezisztenciával, a legjobb alternatívát jelentik a szokásos antibiotikumok számára. Az Ag nanorészecske a vezető nanorészecske alapú antibakteriális szer, amelyek jelentős baktericidhatással bírnak, mint a Gram-negatív, mind a Gram pozitív baktériumokra. Nap mint nap különböző fizikai-kémiai tulajdonságokkal és baktériumölő hatással rendelkező nanorészecskéket fejlesztenek ki, hatásmechanizmusukat és lehetséges mellékhatásaikat vizsgálják (Rahimi and Doostmohammadi 2020).

Bioszenzor

A nanorészecskék optikai és elektronikus tulajdonságai alkalmassá teszik őket bioszenzoros alkalmazásra. Az olyan nemesfémek, mint az Au, Ag és Pt nanorészecskék, különleges fizikai-kémiai tulajdonságokat mutattak, amelyek a nanorészecskék alapú bioszenzorok legnépszerűbb összetevőivé teszik őket. A nanorészecskéknek különböző szerepük van bármilyen típusú bioszenzorban. Például az elektrokémiai bioszenzort úgy hajtják végre, hogy a potenciált megfelelő értékre rögzítik, és meghatározzák az áram időbeli változásait. A nanorészecskék szerepe az ilyen típusú bioszenzorokban az érzékenység és a jelérzékelés javítása. Az optikai bioszenzorokban egyes fémek (Ag, Au,

Cu) vezetési sávjaiban fellépő szabad elektronoscilláció kölcsönhatásba lép a fényfotonokkal, és polaritont hoz létre. A plazmonikus fémek mérethangolása a felületi plazmonrezonancia fokozásának és az eszköz orvosbiológiai alkalmazásokra való alkalmassá tételének egyik módja. A nanorészecskék használata a legmagasabb észlelési érzékenység elérését eredményezi. Az Au nanorészecske könnyű funkcionalitásuk, valamint méretük és formájuk alapján különböző színek megjelenítése miatt jó választások kolorimetriás bioszenzorokhoz, plazmonikus érzékeléshez, immunérezékelőkhöz és elektrokémiához. Az Au nanorészecskék egyedülálló stabilitást mutattak más fémekhez képest, amikor biokonjugáció előállítására használták őket, és értékes érzékeny plazmonváltozásokkal rendelkeznek, ami széleskörű alkalmazásukhoz vezet a klasszikus immunológiai vizsgálatokban. Az Ag nanorészecske erősebb Raman- és fluoreszcenciája, mint az Au nanorészecske, széleskörű optikai alkalmazásokhoz vezetett. Ezen kívül könnyen oxidálhatók és elektrokémiai érzékelőkben használhatók. A fehérjék kimutatására képes Ag nanorészecskék rák kimutatására használták. Ezen kívül glükóz, DNS, dopamin, aszkorbinsav és számos más biológiai molekula kimutatására is felhasználták(Rahimi and Doostmohammadi 2020).

Diagnosztikai szer

A nanorészecskék speciális tulajdonságai, mint például a fluoreszcencia tulajdonságok, az optikai szórás és az elektromágneses tér fokozása, sőt a fényenergia hőnek való átvitele is lehetővé tette ezen vegyületek széles körű alkalmazását az orvosi diagnosztikában. Az orvosbiológiai képalkotás az emberi betegségek diagnosztizálásának egyik hasznos eszköze. A speciális optikai, mágneses és radioaktív tulajdonságokkal rendelkező nanorészecskék javíthatják a képalkotás minőségét. Az optikai nano-szondák lineáris optikai képalkotáshoz tervezhetők nagy emissziós kvantumenergia-hozam és megnövelt optikai kapacitás mellett(Rahimi and Doostmohammadi 2020).

A mágneses rezonancia képalkotás (MRI) kontrasztanyagokat használt a kisméretű daganatok és elváltozások kimutatására normál szövetben. Az MRI-ben a mágneses funkcionalitású nanorészecskék használják, és a nagyobb mágneses momentumúakat részesítik előnyben(Rahimi and Doostmohammadi 2020).

Sebgyógyító tevékenység

A nanorészecskék értékes antibakteriális, gyulladáscsökkentő hatásuk és a bőr reepitelializációját gyorsító képességük miatt megfelelő sebkötöző szerek. Az Ag nanorészecskék gyógyító hatásáról szóló jelentések azt mutatták, hogy ezek a nanoméretű

anyagok csökkentik a lokális mátrix metalloproteinázt és a neutrofil apoptózist. Az Ag nanorészecskék és a kollagén kombinációja megfelelő antibakteriális hatású komponens képződését eredményezi. Az Au nanorészecskék önmagukban nem rendelkeznek antibakteriális hatással, de biológiai anyagokkal, például kollagénnel és zselatinnal kombinálva javítják biokompatibilitásukat és biológiai lebonthatóságukat, és alkalmassá teszik őket sebkötözésre. A Zn nanorészecskék értékes antibakteriális hatásúak, helyi alkalmazása csökkenti a gyulladást és javítja a bőr reepithelializációját. A nanokompozit tapadó kéregének kialakulása javította a sebek gyógyulását és gátolta a fertőzést és a gyulladást. A nanotechnológia is használható antimikrobiális, gyulladáscsökkentő és gyógyító hatású hatóanyagok szállítására. A biológiai és szintetikus polimereket egyaránt használó polimer nanorészecskék nagy jelentőséggel bírnak a sebkötöző vegyület fejlesztése szempontjából. Képesek serkenteni a gyulladással járó sejtek beszivárgását a gyógyulás kezdeti szakaszában. Ezen kívül megfelelő hordozók terápiai szerepekhez, beleértve a citokineket, növekedési faktorokat és antibiotikumokat, amelyek alkalmassá teszik őket normál és késleltetett fertőző sebek kezelésére egyaránt (Rahimi and Doostmohammadi 2020).

Fertőzésellenes szerekként

Az Ag nanorészecske vírusellenes tulajdonságai hatékonyabbak, mint a kémiai szintetizált ezüst nanorészecskék. Egy tanulmányban a fém nanorészecskéket HIV-megelőző gyógyszerként írták le. Néhány tanulmány kimutatta, hogy az ezüst vírusölő szerként a gp120 glikoproteinhez kötődve közvetlenül hat a vírusra. Ez a kötődés viszont megakadályozza a CD4-függő virion kötődését, amely hatékonyan csökkenti a HIV-1 fertőzőképességét, és arról is beszámoltak, hogy a fém nanorészecskék hatékony vírusellenes szerepek a herpes simplex vírus, influenza, légúti syncytia vírusok ellen (Venkatesh 2018).

A tumorterápiában

Azt tanulmányozták, hogy a csupasz arany nanorészecskék gátolják a heparinkötőfehérjék, például a VEGF165 és a bFGF aktivitását in vitro és a VEGF által indukált angiogenezist in vivo. Az ezen a területen végzett további munkákról beszámoltak arról, hogy az Au nanorészecskék felületén a heparinkötő fehérjék felszívódnak, majd denaturálódnak. Akutatók azt is kimutatták, hogy a felület mérete főszerepet játszik az Au nanorészecskék terápiai hatásában (Venkatesh 2018).

Leukémiában

A B-krónikus limfocitás leukémia (CLL) egy gyógyíthatatlan betegség, amely túlnyomórészt apoptózis-rezisztencia jellemez, egy anti-VEGF antitesttel történő együttműködés, amely több apoptózist indukál a CLL B-sejtekben. A CLL terápiában aranynanorészecskéket alkalmaztak ezen szerek hatékonyságának növelésére. Az aranynanorészecskéket biokompatibilitásuk, nagyon nagy felületük, felületi funkcionalitásuk és egyszerű jellemzésük alapján választottuk ki. Az arany nanorészecskékhez VEGF antitesteket kapcsolunk, és meghatározzuk a CLL B sejteket elpusztító képességüket (Venkatesh 2018).

A fototermikus terápiában

Az arany nanorészecskék erősen elnyelik a fényt, mivel a fotonenergiát gyorsan és hatékonyan hővé alakítják. A fototermikus terápia egy invazív terápia, amelyben a fotonenergiát hővé alakítják a rák elpusztítása érdekében (Venkatesh 2018).

A sugárterápiában

Arannyal töltött daganatok, ez több röntgensugárzást nyel el, mivel az arany kiválóan elnyeli a röntgensugárzást. Így több sugárenergia rakódik le, és helyi dózist eredményez, amely specifikusan a tumorsejtekre nő. Az arany nanorészecskék hasznosabbak a rák kezelésében (Venkatesh 2018).

1.5. Fém nanorészecskék

A fém nanorészecskéket, kolloidok vagy szolok formájában, az ember a középkor óta használja díszítő dekorációra. A 17. század közepén Andreus Cassius felfedezte a Purple of Cassius-t – egy bevont aranykolloidot, amelyet üveg, zománcban és porcelánban pigmentként használnak. Néhány évvel később Johann Kunchel tökéletesítette a rubinszínű ólomüveg készítésének technikáját. Az összes ilyen készítményben a ragyogó színt az aranykolloid részecskék jelenléte okozta, bár ezt a tényt csak Michael Faraday 1857-es munkája ismerte fel. Faraday megvilágította a fémkolloid képződésének mechanizmusát, és stabil szolokat készített, és osztott fémeknek nevezte őket (Rao et al. 2000).

A fém nanorészecskék nagy népszerűségnek örvendenek. A nanotechnológia területén a fém nanorészecskék számos tulajdonságot mutattak, és számos új utat nyitottak meg a nanotechnológiában. A fém nanorészecskék speciális funkciók csoportokkal rendelkeznek. Szintetizálható és módosítható, ami lehetővé teszi számukra, hogy ligandumokkal, antitestekkel, gyógyszerekkel kötődjenek. A fém nanorészecskék 10-

100 nm mérettartományú nanoméretű fémek. A fém nanorészecskék olyan egyedi jellemzőkkel rendelkeznek, mint a felületi plazmon rezonancia és az optikai tulajdonságok. A nemesfémek, különösen az ezüst és az arany, a tudomány és a technológia különböző ágaiban, nevezetesen a katalízisben, a fényképezésben, az orvostudományban, mint rákellenes és antimikrobiális szerek nagy figyelmet szenteltek a kutatóknak. A nemesfém nanorészecskék egyedi tulajdonságainak köszönhetően különleges helyet foglalt el a nanotechnológia területén. A nanorészecskék legfontosabb jellemzője a felület/térfogat arány, ahol könnyen lehetővé teszi számukra, hogy kölcsönhatásba lépjenek más részecskékkel. Számos tanulmány kimutatta, hogy a fémes nanorészecskék jellemzőit (méret, stabilitás, fizikai, kémiai tulajdonságok, morfológia) erősen befolyásolják a kísérleti körülmények, a stabilizálószer adszorpciós folyamata, a fémionok és redukálószeres kölcsönhatásának kinetikája. Különböző ipari alkalmazásokban a fém nanorészecskék vonzóak, mivel fizikai és kémiai tulajdonságaik különböznek az ömlesztett fémektől (Venkatesh 2018).

A fém nanorészecskék előnyei: (Venkatesh 2018)

- a. Fokozza a Rayleigh-szóródást
- b. Felületfokozott Raman-szóródás
- c. Erős plazmaelnyelés
- d. Biológiai rendszer képződése
- e. Kémiai információk meghatározása a fém nanoskálájú alaprétegen.

A fém nanorészecskék hátrányai: (Venkatesh 2018)

- a. **Részecskék instabilitása:** A nanoméretű anyagok átalakulhatnak, mivel termodinamikailag instabilok, és magas energiájú lokális minimában helyezkednek el. Ez a minőség romlásához, rossz korrózióállósághoz vezet, és a szerkezet megőrzése nehézségeket okozhat.
- b. **Szennyeződés:** A nanorészecskék előállításakor nitrdek, oxidok képződhetnek, amelyek az alacsony tisztaságú környezetből származhatnak. Mivel a nanorészecskék nagyon reaktívak, nagy esély van a szennyeződésre is.
- c. **Biológiailag káros:** A nanoméretű anyagokról beszámoltak toxikus, karcinogén és irritáló határról, mivel átlátszóvá válnak a sejtdérrel szemben.
- d. **Robbanásveszély:** Az exotermikus égés robbanáshoz vezethet, mivel a finom fémrészecskék erős robbanóanyagként működnek.
- e. **Nehézségek a szintézisben:** a nanorészecskék szintetizálása során be kell zárni őket, mivel az rendkívül kihívást jelent a részecskeméret megőrzése oldatformában.

1.6. Réz nanorészecskék

A fémes nanorészecskék egy új anyagosztály, amelyek alkalmazási területei közé tartozik az orvostudomány, a gyógyszerészet és a mezőgazdaság. Biológiai, kémiai és fizikai módszerek segítségével olyan nanorészecskéket állítanak elő, amelyek lenyűgöző tulajdonságokkal rendelkeznek. A réz az egyik leggyakoribb elem, és fontos szerepet játszik az élő szervezetek normális működésében. A réz nanorészecskék kiváló antibakteriális tulajdonságokkal rendelkeznek, összehasonlítva a mai antibiotikumokkal. Emellett, antibakteriális szerepükön kívül, gombaellenes, vírusellenes és rákellenes tulajdonságokat is leírtak róluk. Bár a hatásmechanizmusuk még nem teljesen ismert, a réz nanorészecskék életképes alternatívává válhatnak a több gyógyszernek ellenálló baktériumtörzsek elleni harcban(Crisan, Teodora, and Lucian 2022).

A réz nanorészecskék szintézisére szolgáló jelenlegi módszerek főként fizikai és kémiai módszerekre oszlanak. A fizikai módszerek közé tartozik a mechanikus golyós őrlés, a fizikai gőzleválasztás és a gázelpárolgotatás, míg a kémiai módszerek közé tartozik a folyadékfázisú kémiai redukció, a kémiai leválasztás, az elektrokémiai módszer és a hidrotermikus módszer. Ezek közül a módszerek közül a folyadékfázisú kémiai redukciós módszer széles körben használt, mivel a részecskeméret szabályozható és az eljárás egyszerű a fizikai módszerek magas berendezésköltségeivel és szabályozhatatlan eljárásaival szemben(Lu et al. 2023).

II. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

Azéért döntöttünk a réz alapú nanorészecskék előállításának vizsgálatamelllett, mert a réz nanorészecskék gyártása költséghatékonyabb, mint az ezüst vagy arany nanorészecskék, és tulajdonságaik a szintézis módszerétől függően szabályozhatóak(Ghorbani 2014).A felsoroltelőállítási módszerek közül a kémiai redukciós módszert választottuk, mivel ez az egyik leginkább megvalósítható módszer a nanorészecskék szintézisére. Továbbá, olyan előnyöket kínál, mint a gyors és költséghatékony feldolgozás, valamint a részecskeméret szabályozhatósága(Talabi et al. 2022).A mérésekhez UV-VIS spektroszkópiai vizsgálatokat végeztünk a már fent említett tulajdonság miatt. Az előállítást két különböző közegben próbáltuk meg végrehajtani: savas és lúgos környezetbe.

2.1. Felhasznált anyagok

$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sz); $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (sz); Desztillált víz; 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} M CuCl_2 és CuSO_4 oldatok; 5%-os Aszkorbinsav oldat; Glükóz; 20%-os KOH; Nátrium-dodecilszulfát($\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$); Hidrazin-hidrát ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

2.2. Felhasznált anyagok megtisztítása

Első lépésként $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ és $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ szilárd anyagokat megtisztítás céljaként át kristályosítottuk. Vettünk szilárd $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ és $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ és desztillált vízben feloldottuk melegítés közben. Azután leszűrtük és vártunk míg ki kristályosodik. Szép nagyméretű kristályok keletkeztek (2.1., 2.2. ábra).



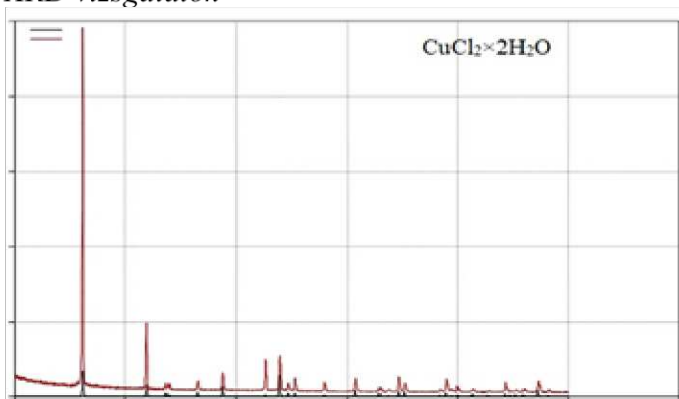
2.1. ábra. $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristály



2.2. ábra. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kristály

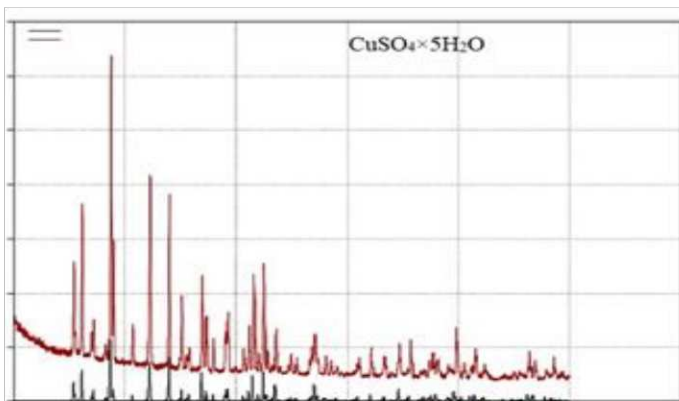
A keletkezett kristályokat annak érdekében, hogy megtudjuk, hogy valóban az keletkezett, amit szerettünk volna XRD (2.3., 2.4. ábra.) és DTA (2.5., 2.6. ábra.) vizsgálatnak vetettük alá.

XRD vizsgálatok



2.3. ábra. $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ XRD felvétele

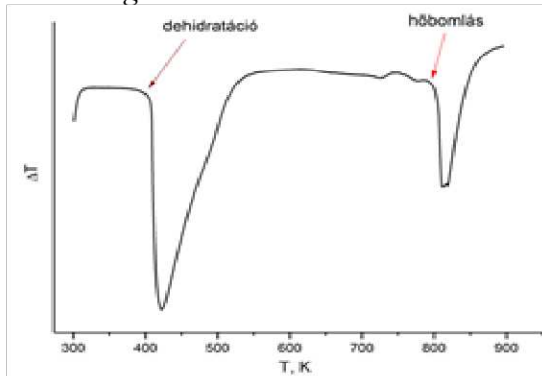
A $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ irodalmi adatok alapján szerkesztett (fekete vonal) és az általunk átkristályosított (vörös vonal) pordiffraktogramja.



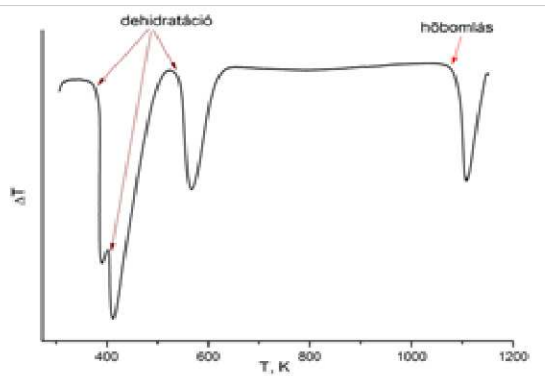
2.4. ábra. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ XRD felvétele

A $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ irodalmi adatok alapján szerkesztett (fekete vonal) és az általunk átkristályosított (vörös vonal) pordiffraktogramja.

DTA vizsgálatok



2.5. ábra. A $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ termogramja



2.6. ábra. A $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ termogramja

A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy valóban $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ és $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kristályok keletkeztek.

2.3. Az oldatok előzetes vizsgálata

Elsőként savas közegben végeztük el a kísérleteket. A keletkezett kristályokból különböző koncentrációjú oldatokat készítettünk ($10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$ M) amikkel a későbbiekben a vizsgálatokat végeztük. Lemértük az oldatok abszorbanciáját UV-VIS Spektrofotométer segítségével, referenciaként desztillált vizet használtunk. (3.1, 3.2 ábra).

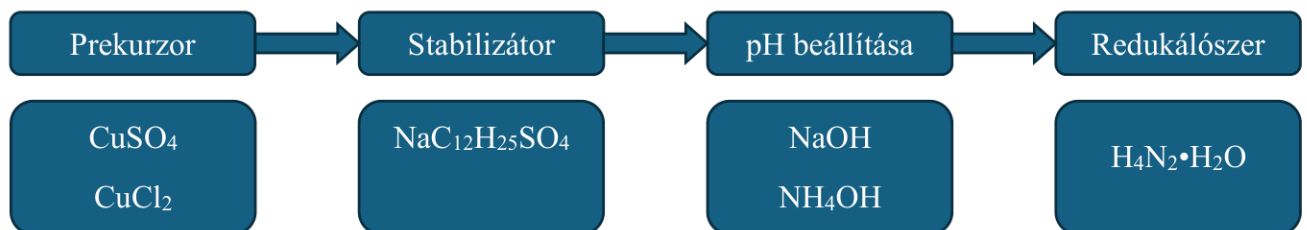
2.4. Savas közegben való előállítás

Miután lemértük az oldatok abszorbanciáját az oldatokhoz 5% aszkorbinsav oldatot adtunk különböző arányokban. 2:0,5; 2:1; 2:2 arányokkal dolgoztunk és az aszkorbinsav arányait variáltuk a CuSO_4 oldatból mindig 2 ml-t vettünk. Miután összeöntöttük az oldatokat a megfelelő arányban szeszégön 3 percig melegítettük az után, hogy lehült UV-VIS spektrofotométerrel lemértük az oldatok abszorbanciáját (3.3., 3.4., 3.5., 3.6. ábra.) referenciaként már a lemért tiszta CuSO_4 oldatokat használtuk. A referencia oldatokat 1:1 arányban hígítottuk desztillált vízzel. A CuCl_2 oldatoknál hasonlóképpen jártunk el, mint a CuSO_4 vizsgálatoknál.

2.5. Lúgos közegben való előállítás

A tiszta oldatokhoz glükózt adtunk, amit szintén melegítettünk és melegítés után néhány csepp 20% KOH adtunk az oldathoz lúgos közeg eléréséért és ezek után egy 10x-es hígítást végeztünk. Az oldatokat UV-VIS spektrofotométerrel mértük meg (3.7., 3.8., 3.9., 3.10., 3.11., 3.12. ábra.). Referenciaként a tiszta oldatok 10x-en hígított változatát használtuk. Az oldatokat 2x mértük le mivel kb. 30 perc elteltével az oldat megváltoztatta a színét.

Egy másik módszert alkalmaztunk a lúgos környezetben. A munka során különböző oldatokat készítettünk, és ezeket különböző hőmérsékleteket és koncentrációkban állítottuk elő (2.7. ábra). A prekursor oldatokat és pH-beállításra szolgáló oldatok variációját használtuk. A stabilizátort és a redukálószer nem változtattuk. 40ml vízhez adtunk 0,12g Nátrium-dodecil-szulfátot ehhez adtunk 0,07g $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Nátrium-hidroxiddal beállítottuk a pH 11. Ezután 1 ml $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ adtunk. A munka során az összes oldatot hasonló módon állítottuk elő.



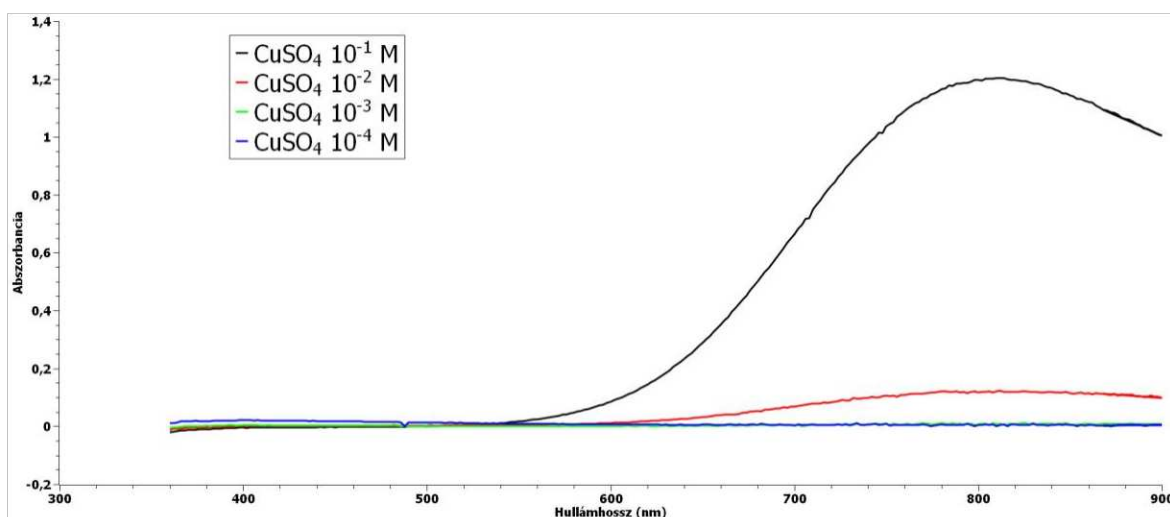
2.7. ábra. A munka folyamata

Az első tényező, amit figyelembe vettünk, a réztartalmú só volt. A munka során réz-szulfátot és réz-kloridot használtunk. Továbbá, különböző hőmérsékleteken és koncentrációkban készítettük el az oldatokat, és variáltuk a pH-beállítására szolgáló oldatokat is. A stabilizátort és a redukálószeret nem változtattuk.

III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

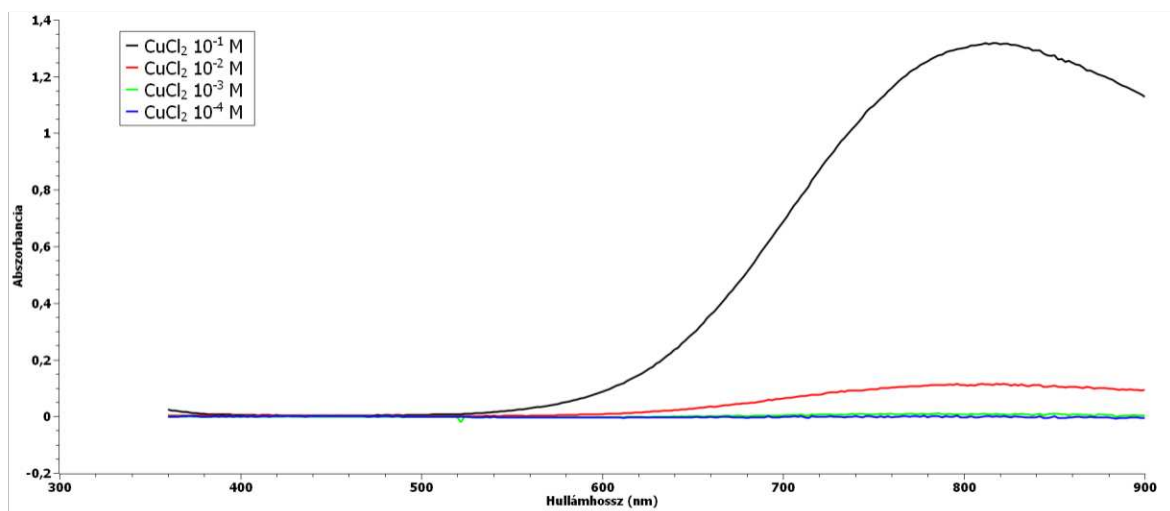
3.1. Az oldatok abszorbanciája desztillált vízhez mérve

A rézalapú nanorészecskék előállítására különböző koncentrációjú CuSO_4 és CuCl_2 oldatokat alkalmaztunk. Első lépésben a kiinduló oldatok abszorpciós spektrumait mértük (3.1, 3.2 ábra).



3.1. ábra. A CuSO_4 oldatok abszorbanciája desztillált vízhez mérve

A 10^{-3} és 10^{-4} M koncentrációjú oldatokban nem észleljük a Cu^{2+} hidratált ionoknak jellemző jelet. A másik két mérésnél az abszorpciós sáv 560-900 nm között figyelhető meg. 800 nm körül van a maximum. Cu^{2+} hidratált ionjainak jelenléte adják a reflektumot.

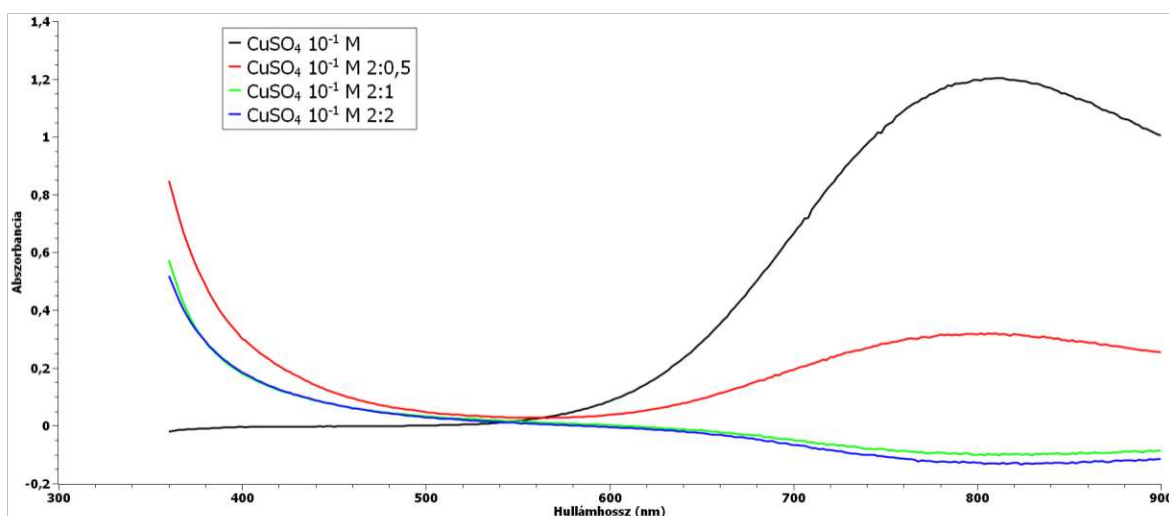


3.2. ábra. A CuCl_2 oldatok abszorbanciája desztillált vízhez mérve

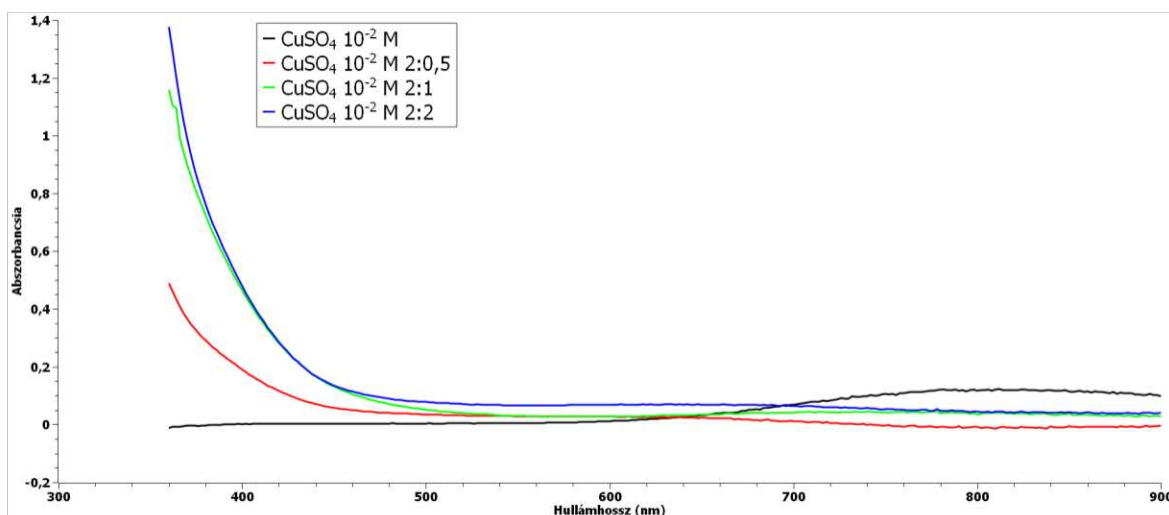
A 10^{-3} és 10^{-4} M koncentrációjú oldatoknál nem észleljük a Cu^{2+} jellemző jelét. 10^{-1} és 10^{-2} M koncentrációknál kitűnően észlelhető. Abszorpciós sáv 540-900 nm között figyelhető meg. 800 nm körül van a maximum. Cu^{2+} hidratált ionjainak jelenléte adja a reflektumot.

3.2. A savas közegre vonatkozó adatok elemzése

A különböző koncentrációjú CuSO_4 oldatokból a rezet aszkorbinsavval redukáltuk. A keletkezett oldatok spektrumait vizsgáltuk (3.3, 3.4 ábra).



3.3. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-1} M)

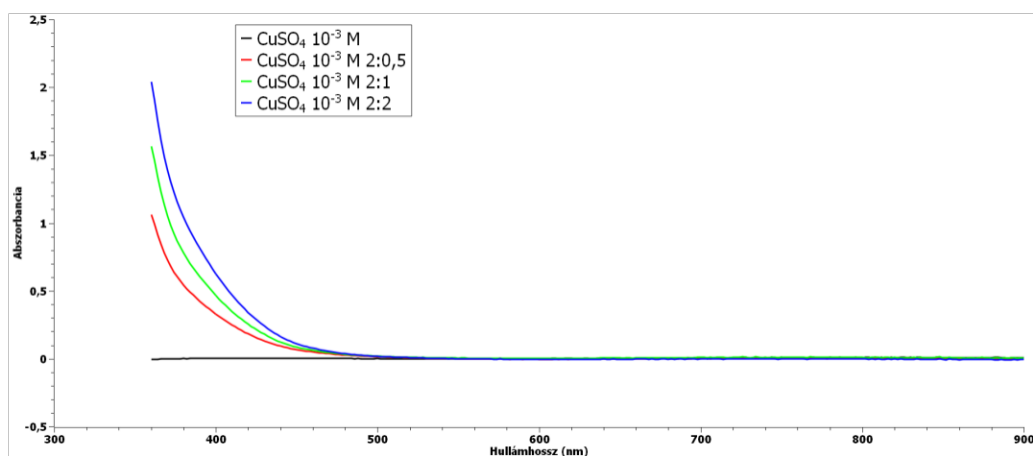


3.4. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-2} M)

A 10^{-1} M CuSO_4 oldat esetében abszorpciós sáv jelenik meg az ultraibolya tartományba, ami arra utalhat, hogy nanorészecskék keletkeztek. Megfigyelhető alacsony mennyiségű aszkorbinsav alkalmazásakor, hogy a látható fény tartományba abszorpciós sáv jelenik meg ami arra utal hogy Cu^{2+} maradt az oldatban. A piros vonallal jelölt aránynál valószínűleg több nanorészecske keletkezett (3.3. ábra).

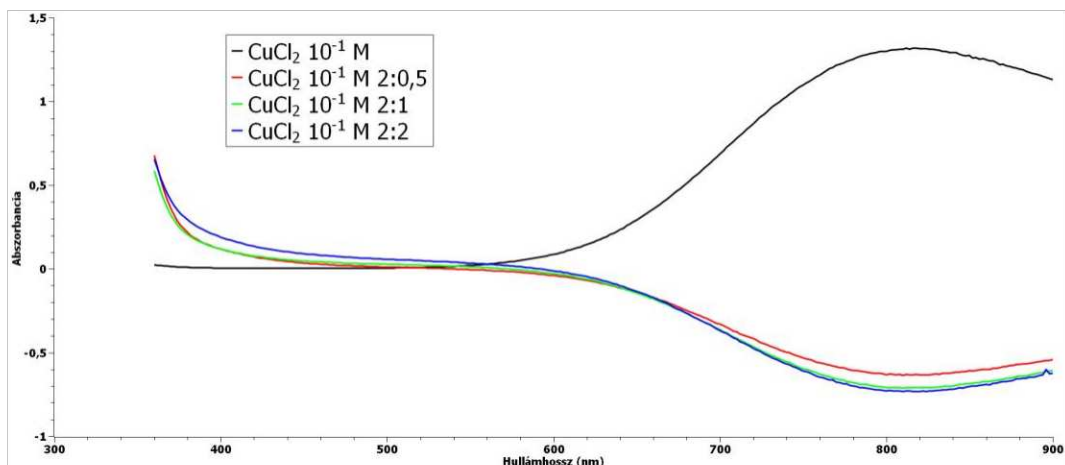
A 10^{-2} M oldatok esetében ugyiszintén abszorpciós sáv jelenik meg az ultraibolya tartományba, ami megint arra utalhat hogy nanorészecskék keletkeztek. Ennél a koncentrációnál már Cu^{2+} ionok nincsenek jelen a látható fény tartományban. A nagyobb mennyiségű aszkorbinsav alkalmazásakor több és valószínűleg nagyobb méretű nanorészecskék keletkeztek (3.4. ábra).

Vizsgáltuk a aszkorbinsav mennyiségének a hatását a reakcióra (3.5, 3.6 ábra). A 3.5 ábrán a 10^{-3} M CuSO_4 oldat és aszkorbinsav spektruma látható. A fekete vonal a tiszta oldat spektruma, ami eltér a többitől. A többinél közel az UV tartományhoz magas abszorpció figyelhető meg ami nanorészecskék keletkezésével magyarázható. Az abszorpció sáv kék eltolódása a nanorészecskék méretétől függ. Minél kisebb az abszorpció hullámhossz határértéke, annál kisebb a nanorészecskék mérete. Ebből arra lehet következtetni, hogy minél nagyobb arányban adagoljuk az aszkorbinsavat annál nagyobb méretű nanorészecskék keletkeznek (3.5. ábra).



3.5. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-3} M)

A CuCl_2 oldatok esetében csak a 10^{-1} M koncentrációjú oldatot vizsgáltuk meg (3.6. ábra). Ez azzal magyarázható hogy melegítés után fehér színű csapadék keletkezett az oldatokba valamilyen komplex keletkezett magyarázatot nem találtunk még rá. Ezért a többi koncentrációnál nem is vizsgáltuk.

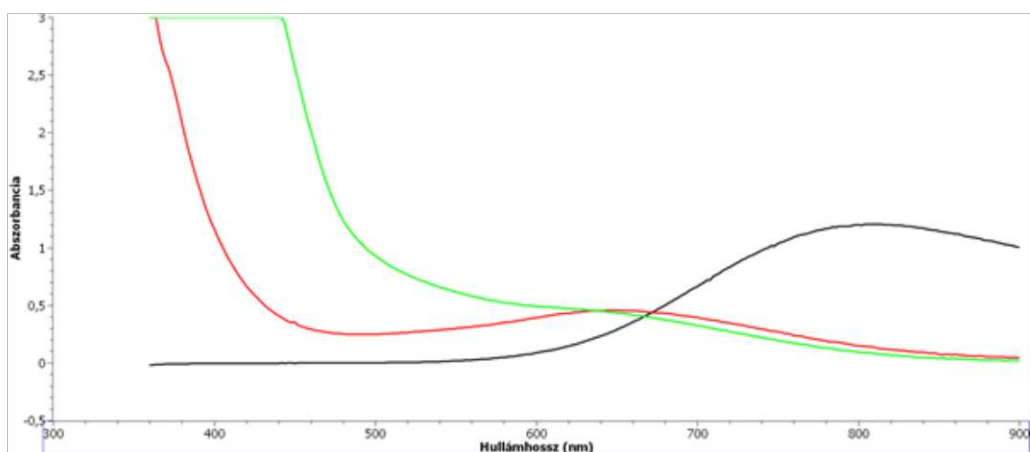


3.6. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-1} M)

Fontos felhívunk a figyelmet arra, hogy a spektrumoknál a 480 és 580 nm hullámhossz tartományokban nem figyeltünk meg abszorpciót, amik jellemzők a Cu_2O és Cu nanorészecskékre. E okból a további kísérleteket lúgos közegben folytattuk.

3.3. A lúgos közegre vonatkozó adatok elemzése

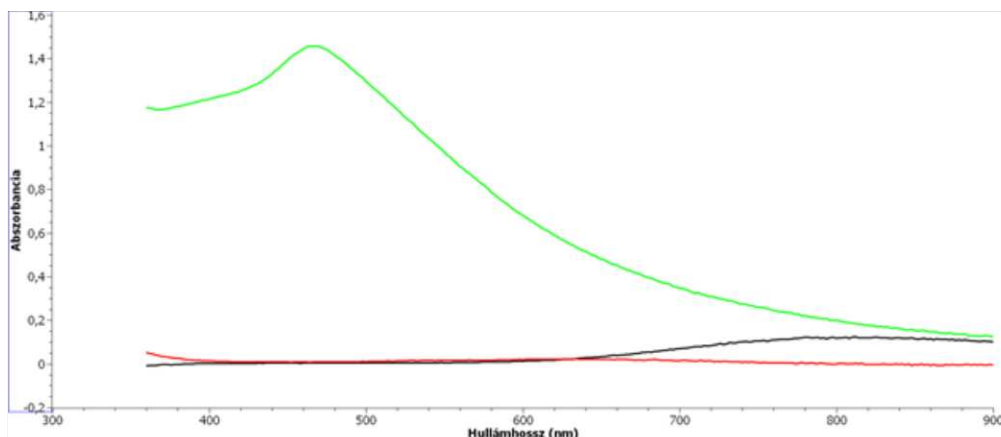
Réz (I) oxid nanorészecskék előállításához különböző koncentrációjú CuSO_4 és CuCl_2 oldatokhoz nátrium hidroxid oldatot adunk, ezután pedig glükózzal redukáltuk a rezet. A keletkezett oldatokat UV-VIS spektroszkópiai módszerrel vizsgáltuk (3.7-3.12 ábra).



3.7. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-1} M)

Fekete vonal a tiszta CuSO_4 oldat, piros vonal az elkészítés után rögtön mért értékek, zöld vonalelőkészítés után 30 perccel mért értékek.

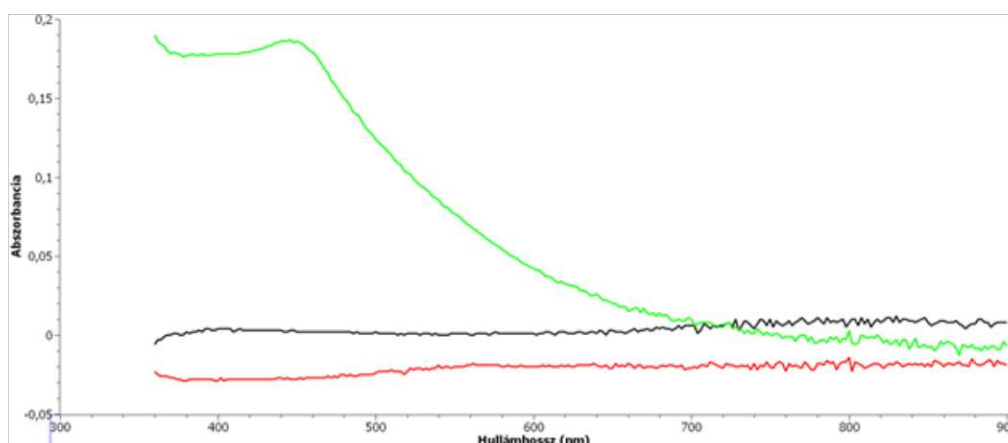
Valószínűleg Cu_2O nanorészecskék keletkeztek. Réz különböző hidratált formáinak abszorpciós sávja jelent meg a látható fény tartományban. Közel az ultraibolya tartományban megjelent egy abszorpciós sáv. Fél óras állás után az alacsony hullámhossz tartományban az abszorpciós sáv a magasabb hullámhosszú tartományba tolódik el. Ami a nanorészecskék növekedésére utalhat (3.7 ábra).



3.8. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-2} M)

Fekete vonal- a tiszta CuSO_4 oldat, piros vonal- az elkészítés után rögtön mért értékek, zöld vonal- elkészítés után 30 perccel mért értékek.

A 30 perc állás után mért mérésnél megfigyelhető, hogy 440-500 nm között megjelenik egy maximum, ami Cu_2O nanorészecskék keletkezésére utal. Ultraibolya tartományban pedig 360 nm körül erős abszorpciós sáv keletkezése jellemző (3.8 ábra).

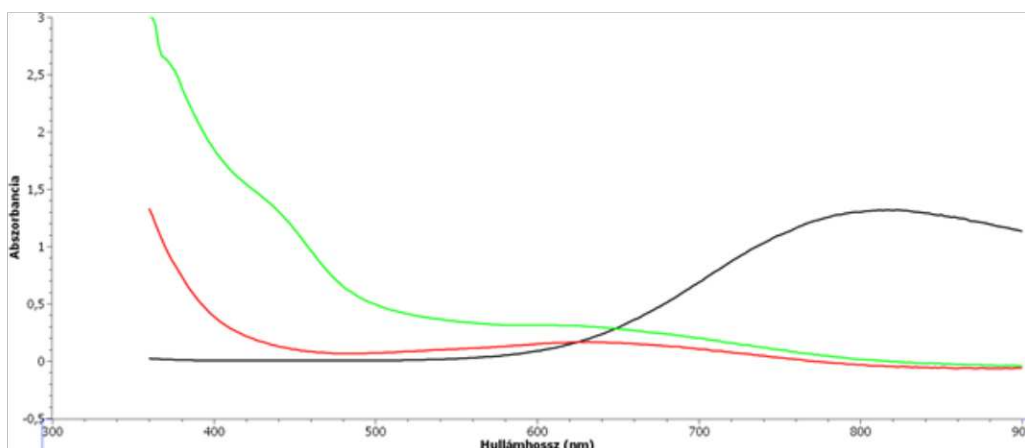


3.9. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-3} M)

Fekete vonal- a tiszta CuSO_4 oldat, piros vonal- az elkészítés után rögtön mért értékek, zöld vonal- elkészítés után 30 perccel mért értékek.

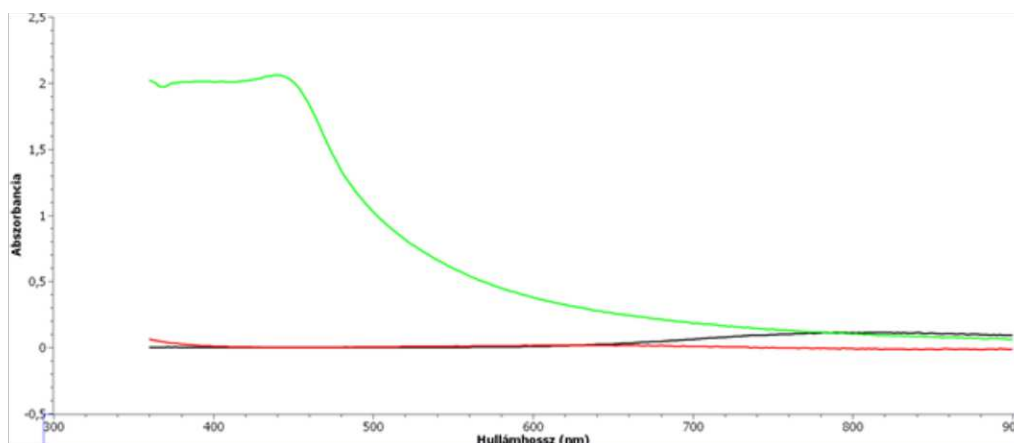
A 10^{-3} M koncentrációjú oldatnál hasonló figyelhető meg, mint a 10^{-2} -nél hogy 30 perc állás után mért mérésnél 440-500 nm között megjelenik egy maximum. Ultraibolya tartományban pedig 360 nm körül erős abszorpciós sáv keletkezése jellemző (3.9. ábra).

A spektrumok Cu_2O nanorészecskék keletkezését mutatják. Réz különböző hidratált formáinak abszorpciós sávja tapasztalható a látható fény tartományban. Közel az ultraibolya tartományban megjelent egy abszorpciós sáv. Fél óras állás után az alacsony hullámhossz tartományban az abszorpciós sáv a magasabb hullámhosszú tartományba tolódik el. Ami a nanorészecskék növekedésére utalhat (3.10. ábra).



3.10. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektrum. (10^{-1} M)

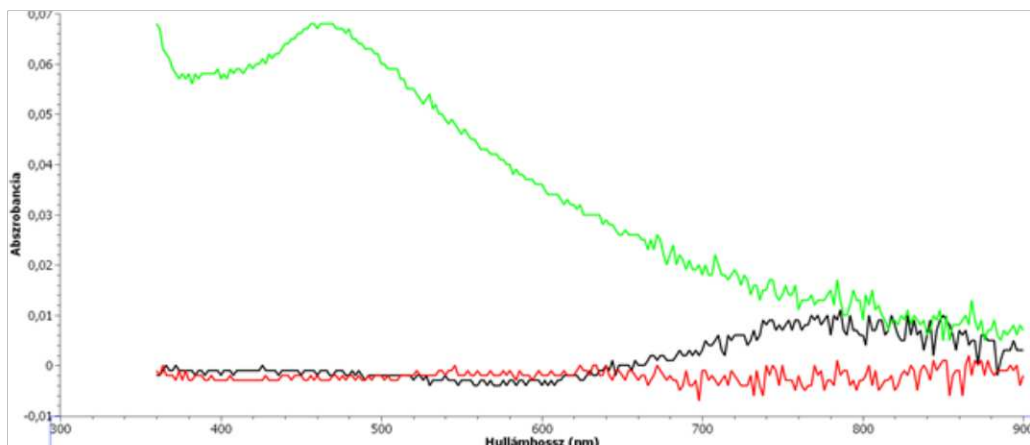
Fekete vonal- a tiszta CuCl_2 oldat, piros vonal- az elkészítés után rögtön mért értékek, zöld vonal- elkészítés után 30 perccel mért értékek.



3.11. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-2} M)

Fekete vonal- a tiszta CuCl_2 oldat, piros vonal- az elkészítés után rögtön mért értékek, zöld vonal- elkészítés után 30 perccel mért értékek.

30 perc állás után mért mérésnél megfigyelhető, hogy 420-460 nm között megjelenik egy maximum. Ultraibolya tartományban pedig 360 nm körül erős abszorpciós sáv keletkezése jellemző (3.11. ábra).



3.12. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma (10^{-3} M)

Fekete vonal- a tiszta CuCl_2 oldat, piros vonal- az elkészítés után rögtön mért értékek, zöld vonal- elkészítés után 30 perccel mért értékek.

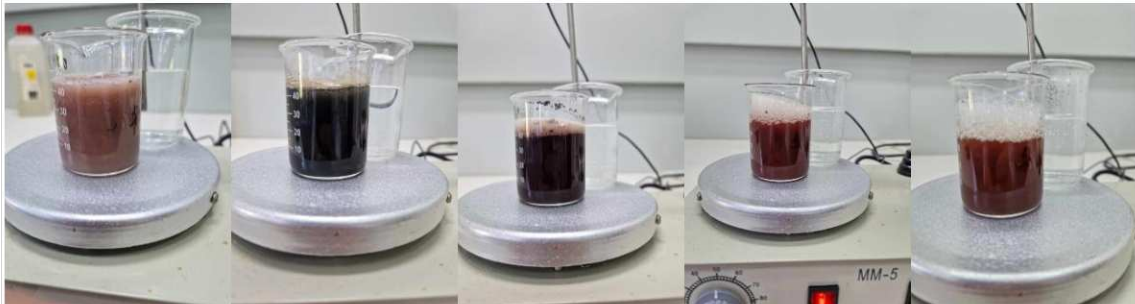
Az azonnali mérésnél nem igazán észlelhető semmilyen változás, de a 30 perccel később mért mérésnél 430-490 között megjelenik egy maximum. Ultraibolya tartományban pedig 360 nm körül erős abszorpciós sáv keletkezése jellemző (3.12. ábra).

3.4. A lúgos közegben, alternatív módszerrel előállított oldatokra vonatkozó adatok elemzése.

Az irodalmi adatokat figyelembe véve még egy módszert alkalmaztunk rézalapú nanorészecskék előállítására lúgos közegből. Ebben az esetben már alkalmaztunk stabilizátort is (nátrium-dodecilsulfát), redukálószerként pedig hidrazin-hidrátot használtunk. Irodalmi elemzések alapján javasolt volt a keverés és melegítés 2 órán keresztül. Mivel azonban 1 óra keverés után már nem volt észlelhető külső változás, a többi oldatot csak 1 órán át kevertük. Az (3.13. ábra.) ábrán a szobahőmérsékleten készített oldat látható, míg az (3.14. ábra.) ábrán az 50°C fokon készített oldat látható. Az adott ábrán(3.13., 3.14. ábra.) a réz-szulfát változásai láthatóak az idő függvényében. Balról jobbra haladva követhető, hogyan alakult a réz-szulfát keverésének állapota az alábbi időpontokban: keverés kezdetén, 5 perc elteltével, 20 perc elteltével, 1 óra elteltével, 2 óra elteltével.



3.13. ábra. Szobahőmérsékleten készített oldatok



3.14. ábra. Az 50°C fokon készített oldatok

3.4.1. Koncentráció hatása

A kísérlet során három különböző koncentrációjú oldatot használtunk: 0,1 M, 0,01 M, 0,001 M. Az oldatokat egy hétig hagytuk állni, hogy megfigyeljük, hogy kicsapódnak-e. (3.15., 3.16. ábra.)



3.15. ábra. Réz szulfát oldatokból előállított nanorészecskéket tartalmazó oldatok

1. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$ 0,01 20°C, 2. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$ 0,01 50°C, 11. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$ 0,1 20°C, 12. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$ 0,1 50°C, 15. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$ 0,001 20°C, 16. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$ 0,001 50°C (az oldatok 1 hét után)

Látható, hogy a réz-szulfát esetében (3.15. ábra.) a 11., 12., 15., és 16. számú kémcsövekben nagy méretű részecskék keletkeztek és kicsapódtak.



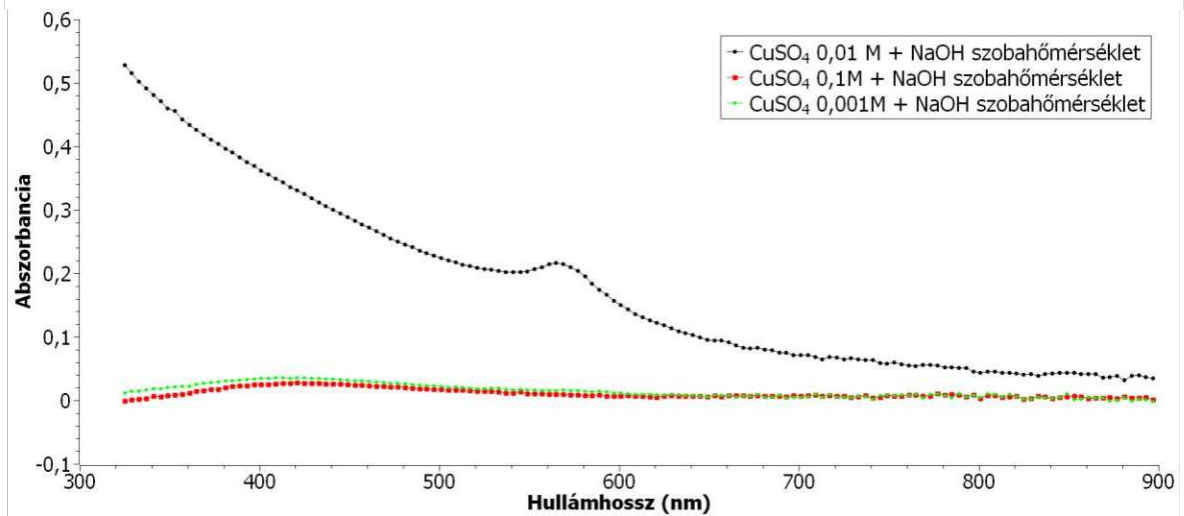
3.16. ábra. Réz klorid oldatokból előállított nanorészecskéket tartalmazó oldatok
3. $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH}$ 0,01 20°C, 4. $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH}$ 0,01 50°C, 9. $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH}$ 0,1 20°C, 10. $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH}$ 0,1 50°C, 13. $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH}$ 0,001 20°C, 14. $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH}$ 0,001 50°C (az oldatok 1 hét után)

A réz-kloridnál (3.16. ábra.) az figyelhető meg, hogy a 9., 10., 13., és később a 14. számú kémcsőben is (erről nem készült felvétel) kicsapódtak a részecskék.

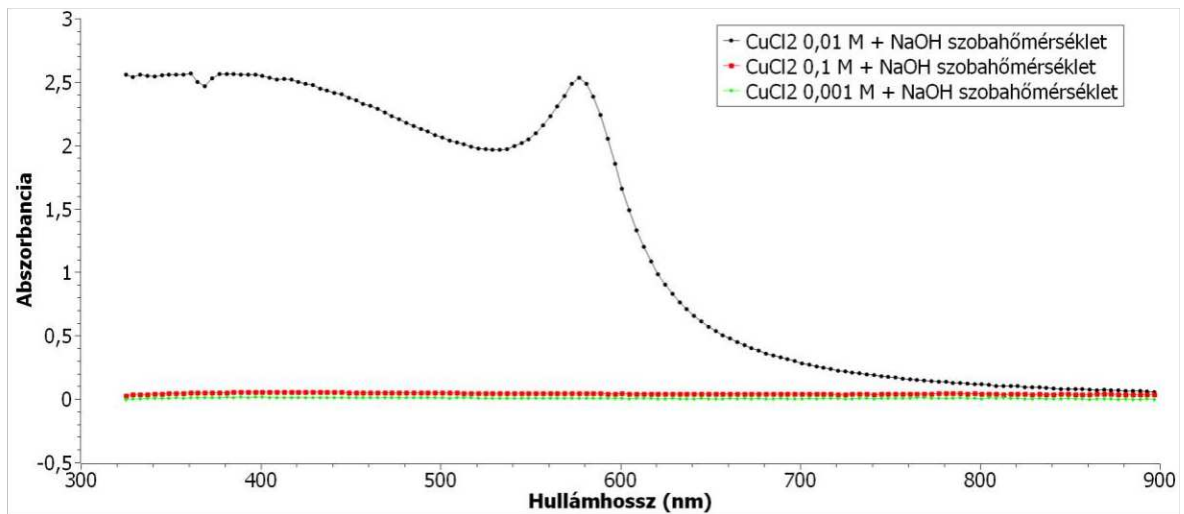
Az oldatok felső részéből mintát vettünk és spektrofotométerrel vizsgáltuk őket, referenciának nátrium-dodecil-szulfát oldatot használtunk. A mintákat 1:5 arányban hígítottuk és úgy végeztük a méréseket.

A grafikonon (3.17 ábra) szobahőmérsékleten készített, különböző koncentrációjú réz-szulfát oldatok spektrumai láthatók, amelyek pH-ját nátriumhidroxiddal állítottuk be. A 0,01 M koncentrációjú oldat esetén (fekete vonal) az abszorbancia a legmagasabb. A 0,1 M (piros vonal) és 0,001 M (zöld vonal) oldatok esetén az abszorbancia jelentősen alacsony, és a grafikonon szinte teljesen egyenesnek tűnik. Ez azt mutatja, hogy az abszorbancia függ a koncentrációtól.

A grafikonon (3.18. ábra) különböző koncentrációjú, szobahőmérsékleten készített réz-klorid oldatok spektrumai láthatóak, amelyek pH-ját nátriumhidroxiddal állítottuk be.



3.17. ábra. Szobahőmérsékleten készített, különböző koncentrációjú réz-szulfát oldatok spektrumai

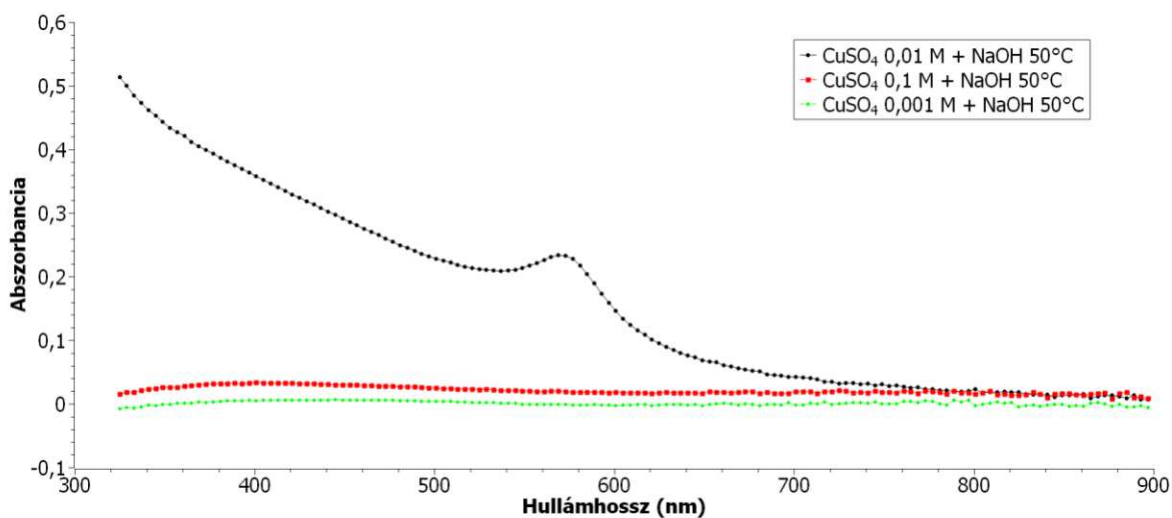


3.18. ábra. Különböző koncentrációjú, szobahőmérsékleten készített réz-klorid oldatok spektrumai

A 0,01 M koncentrációjú oldat esetén (fekete vonal) az abszorbancia a legmagasabb. A magasabb tartomány több részecskére utal. Ezzel szemben a 0,1 M (piros vonal) és 0,001 M (zöld vonal) oldatoknál esetén az abszorbancia jelentősen alacsony, és a fekete vonalhoz képest szinte teljesen egyenesnek tűnik.

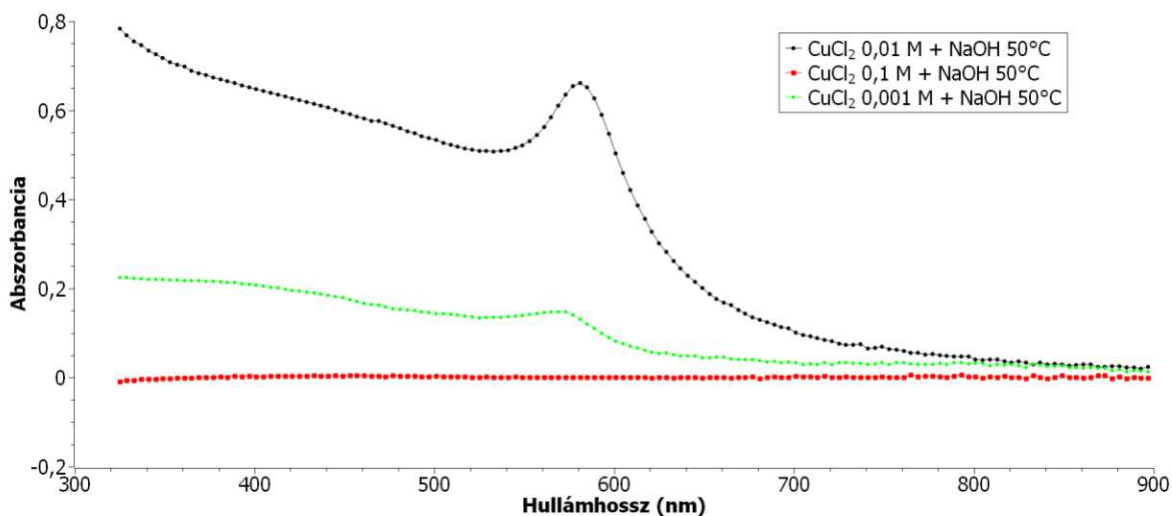
A spektrumon (3.19 ábra) szintén különböző koncentrációban előállított réz-szulfát oldatok spektrumai vannak feltüntetve, de ebben az esetben a hőmérséklet 50 °C volt, az

oldatok pH-ját ugyanúgy nátriumhidroxiddal állítottuk be. Hasonló eredményt kaptunk, mint a szobahőmérsékleten készített oldatoknál.



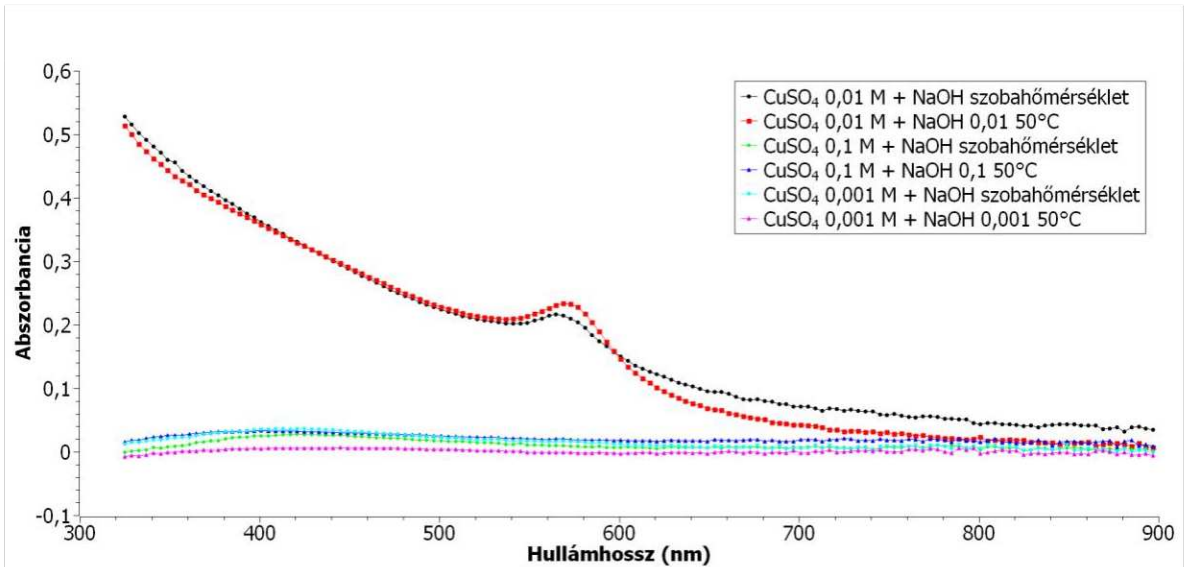
3.19. ábra. 50 °C készített, különböző koncentrációjú réz-szulfát oldatok spektrumai

Az 50 °C-os hőmérsékleten előállított réz-klorid oldatok spektrumai láthatóak (3.20 ábra), melyek különböző koncentrációban kerültek előállításra, és pH-jukat nátriumhidroxiddal állítottuk be. A réz-klorid 0,01 M koncentrációjú oldat (fekete vonal) mutatja a legnagyobb abszorbanciát. A piros vonal (0,1 M) mutatja a legalacsonyabb abszorbanciát az összes hullámhosszon a többihez képest szinte egyenes. A zöldnek (0,001 M) pedig egy közepes abszorbanciája van. A 0,01 M koncentrációjú oldat (fekete vonal) maximuma 581 nm-nél található, míg a 0,001 (zöld vonal) 565 nm-nél. A maximum eltolódott az ultraibolya tartományba, ami azt jelenti, hogy kisebb a részecskék mérete.



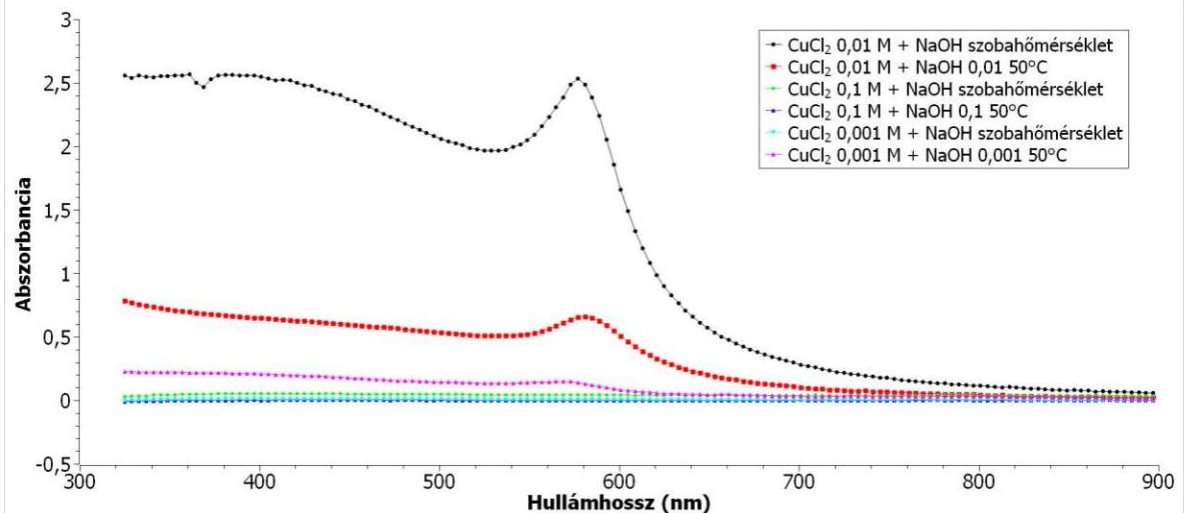
3.20. ábra. 50 °C készített, különböző koncentrációjú réz-klorid oldatok spektrumai

A 3.21 ábrán látható spektrumokból az következtethető, hogy a réz-szulfát esetén a 0,01M koncentrációjú oldatok tartalmazzák a legtöbb részecskét.



3.21. ábra. Réz-szulfát oldatok spektrumai

A réz-klorid esetében is hasonló eredmény figyelhető meg, mint a réz-szulfátnál: a legtöbb részecske a 0,01 M koncentrációjú oldatokban található (3.22. ábra).



3.22. ábra. Réz-klorid oldatok spektrumai

A vizsgálatok azt mutatják, hogy ezzel a módszerrel előállított oldatok közül a 0,01 M koncentrációjú oldatok a legoptimálisabbak. Ezért a továbbiakban ezekkel fogunk dolgozni.

3.4.2. pH-beállítása

Megvizsgáltuk, mi történik, ha különböző oldatokkal állítjuk be a pH-t. 0,01 M koncentrációjú oldatokat készítettünk, az egyikben NaOH-t, a másikban NH₄OH-t használva a pH beállítására. Az oldatokat szintén egy hétig hagytuk állni (3.23, 3.24 ábra).



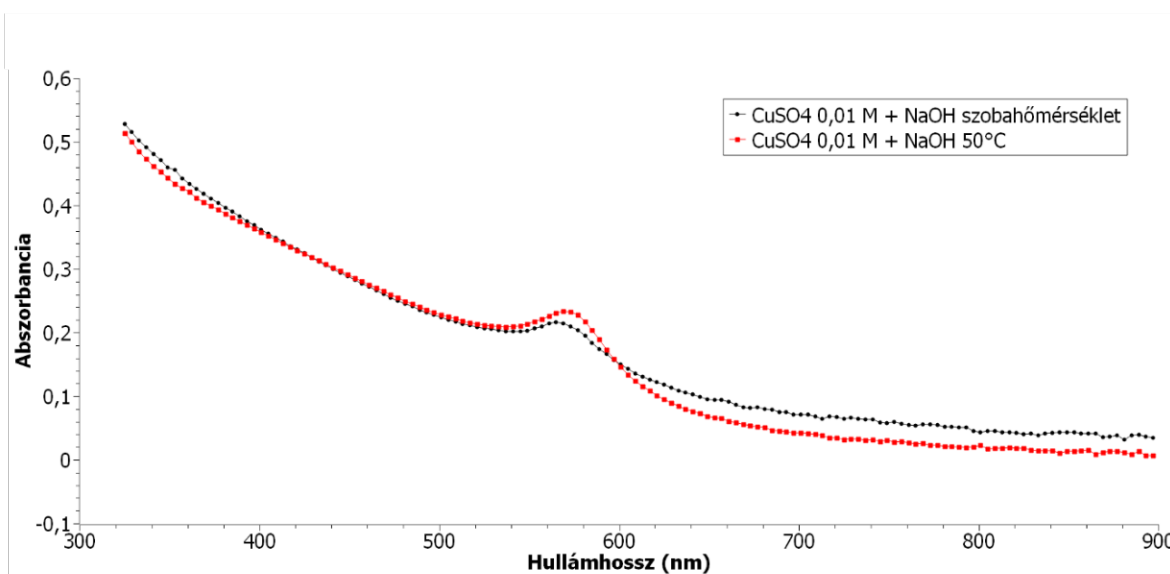
3.23. ábra. Réz-szulfát oldatok melynek pH-ját különböző oldatokkal állítottuk be
1. CuSO₄ + NaOH 0,01 20°C, 2. CuSO₄ + NaOH 0,01 50°C, 7. CuSO₄ + NH₄OH 0,01 20°C 8. CuSO₄ + NH₄OH 0,01 50°C (az oldatok 1 hét után)



3.24. ábra. . Réz- klorid oldatok melynek pH-ját különböző oldatokkal állítottuk be
3. CuCl₂ + NaOH 0,01 20°C, 4. CuCl₂ + NaOH 0,01 50°C, 5. CuCl₂ + NH₄OH 0,01 20°C, 6. CuCl₂ + NH₄OH 0,01 50°C (az oldatok 1 hét után)

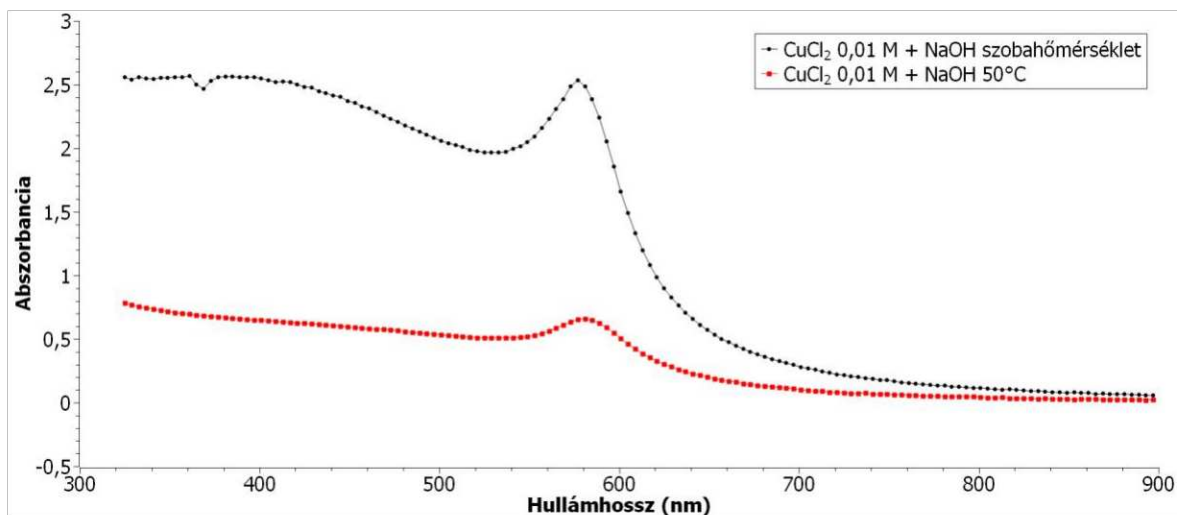
Majd az oldatok felső részéből mintát vettünk és spektrofotométerrel vizsgáltuk. Referenciának nátrium-dodecil-szulfátot használtunk. Az oldatokat 1:5 arányban hígítottuk és úgy mértük.

A grafikonon (3.25 ábra) réz-szulfát oldatok spektrumai láthatóak, melyek pH-ját nátriumhidroxiddal állítottuk be. Az oldatok különböző hőmérsékleten készültek. Látható, hogy a két görbe nagyon hasonló, így ebben az esetben nem mutat nagy különbséget a hőmérséklet hatása. A reflex mindkét esetben a 540-600 nanométeres tartományban található.



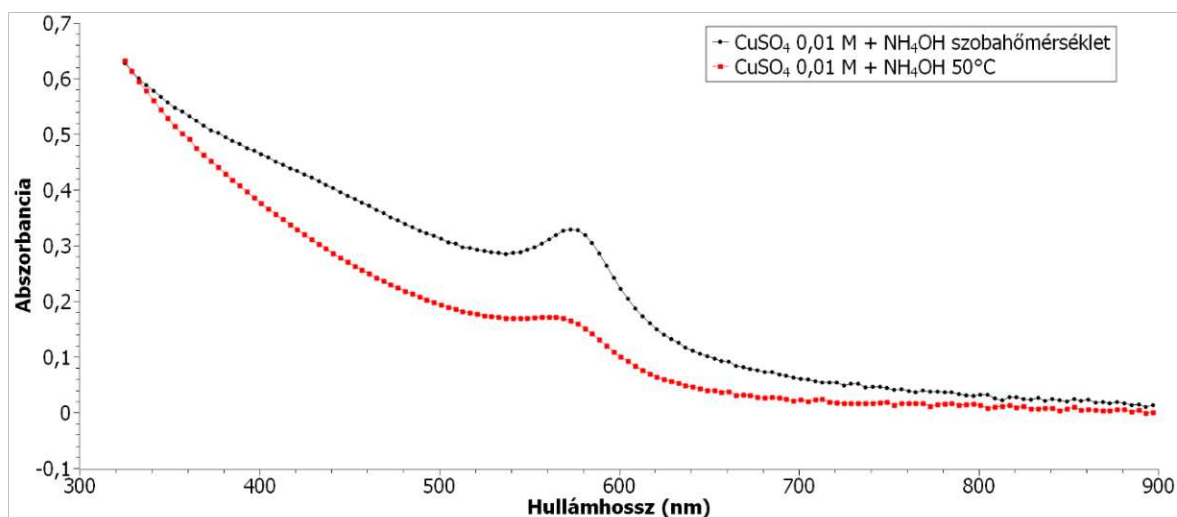
3.25. ábra. Réz-szulfát oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját nátrium-hidroxid állítottuk be

A következő grafikonon (3.26 ábra) réz-klorid oldatok spektrumai láthatóak, melyek pH-ját nátriumhidroxiddal állítottuk be. Az oldatok különböző hőmérsékleten készültek. Mindkét görbe hasonló általános trendet mutat, de a szobahőmérsékleten mért görbe (fekete) jelentősen magasabb abszorbanciával rendelkezik, mint az 50°C-on mért görbe (piros). A melegítés felgyorsítja a folyamatot viszont kevesebb lesz a részecske. A reflex mindkét esetben az 580-600 nanométeres tartományban található. A szobahőmérsékleten mért görbe (fekete vonal) maximuma 577 nm-nél található, míg az 50°C-on mért görbe (piros vonal) 581 nm-nél.



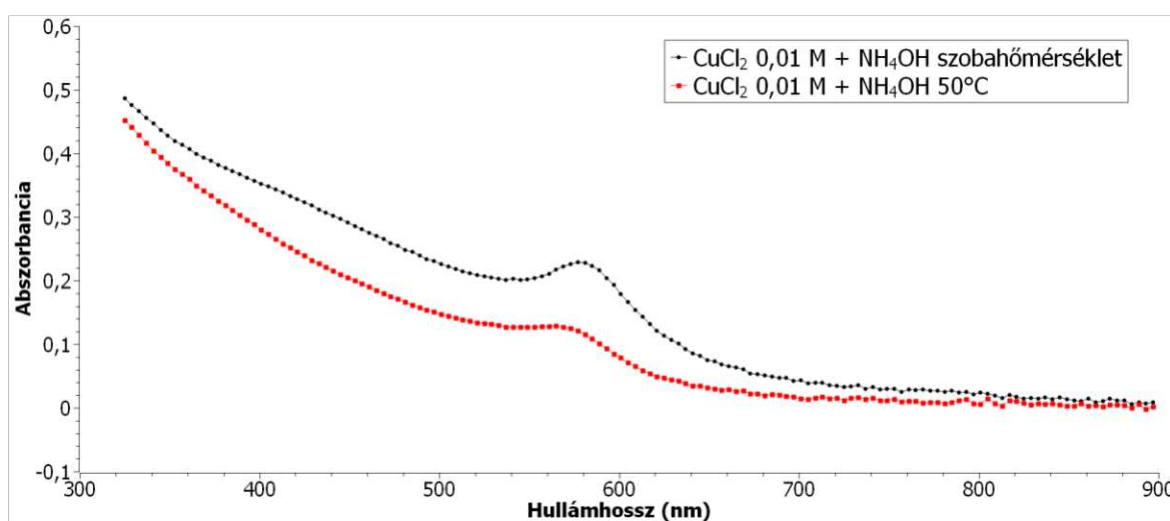
3.26. ábra. . Réz-klorid oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját nátrium-hidroxid állítottuk be

A 3.27 ábrán feltüntetett grafikonon rézszulfát oldatok abszorpciós spektrumai láthatók különböző hőmérsékleteken, melyek pH-ját ammónium-hidroxiddal állítottuk be. Mind két vonal hasonló általános trendet mutat a reflex 550-600 nm tartományba található minkét esetben viszont a szobahőmérsékleten mért görbe (fekete) magasabb abszorbanciával rendelkezik. Megfigyelhető, hogy a szobahőmérsékleten készített oldatba több részecske található. A szobahőmérsékleten mért görbe (fekete vonal) maximuma 573 nm-nél található, míg az 50°C-on mért görbe (piros vonal) 565 nm-nél.



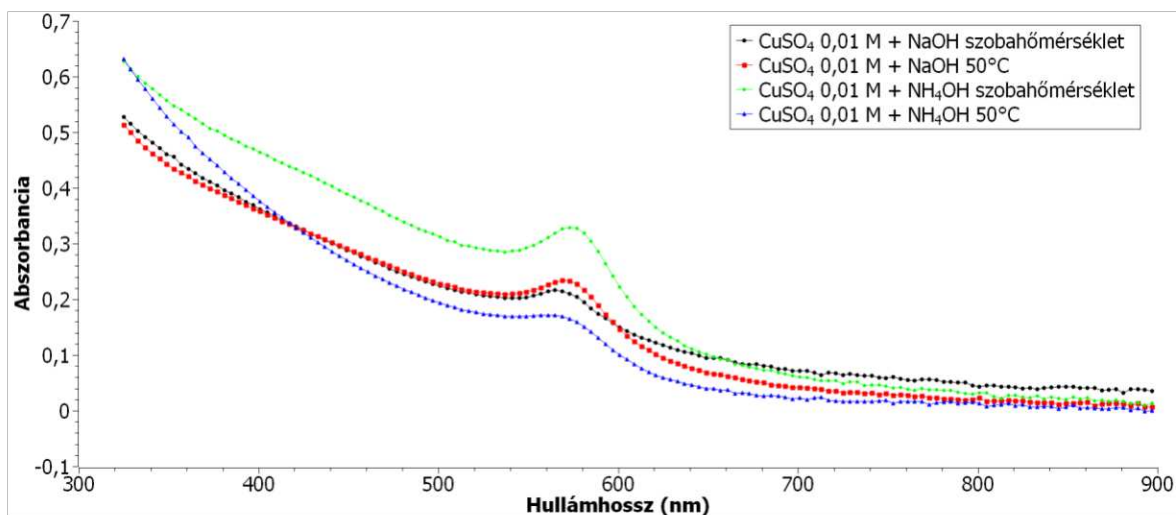
3.27. ábra. Réz-szulfát oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját ammónium-hidroxid állítottuk be

Az előzőhöz hasonló vizsgálato végeztünk a réz-klorid oldattal is. A különböző hőmérsékletű réz-klorid oldatok abszorpciós spektrumai, amelyek pH-értékét ammónium-hidroxiiddal állítottuk be a 3.28 ábrán látható. Észlelhető, hogy a szobahőmérsékleten készített oldat abszorbancia értéke, hasonlóan a réz-szulfátéhoz, nagyobb, mint a melegített oldaté. Szintén 550-600 nm tartományba vannak a reflexek. A szobahőmérsékleten mért görbe (fekete vonal) maximuma 577 nm-nél található, míg az 50°C-on mért görbe (piros vonal) 565 nm-nél.



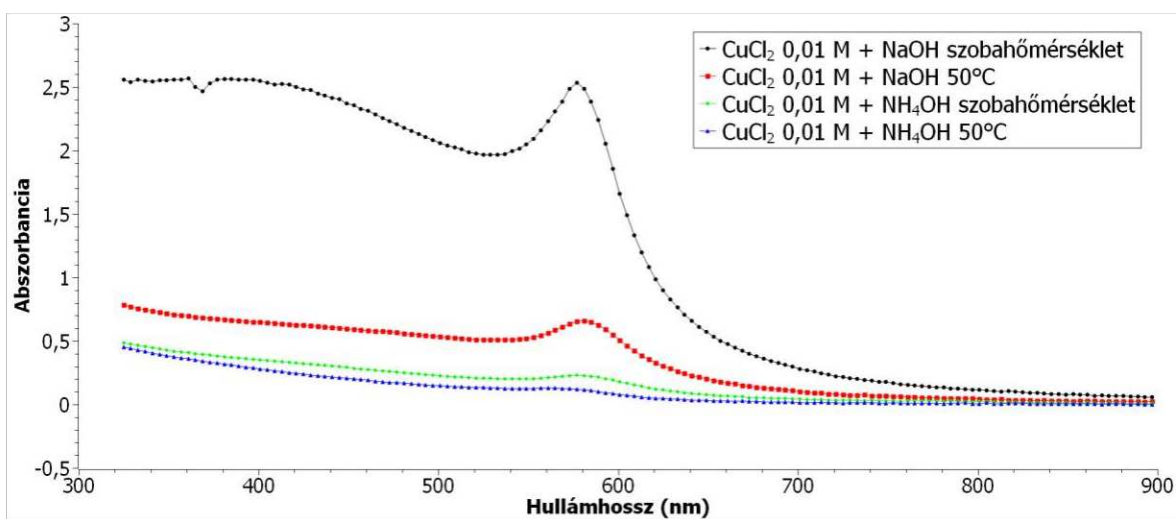
3.28. ábra. Réz-klorid oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját ammónium-hidroxiid állítottuk be

Az összehasonlításnál az figyelhető meg (3.29 ábra), hogy a szobahőmérsékleten és ammónia-hidroxiiddal beállított pH-jú oldatban található a legtöbb részecske. Az alacsonyabb tartományban lévő görbék arra utalnak, hogy kevesebb részecske van jelen az oldatban.



3.29. ábra. Réz-szulfát oldat abszorbanciája különböző körülmények között

A réz-klorid esetében (3.30 ábra) az észlelhető, hogy azok az oldatok, amelyek pH-ját nátrium-hidroxiddal állítottuk be, nagyobb abszorbancia értéket mutattak. Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az oldatban több részecske található.



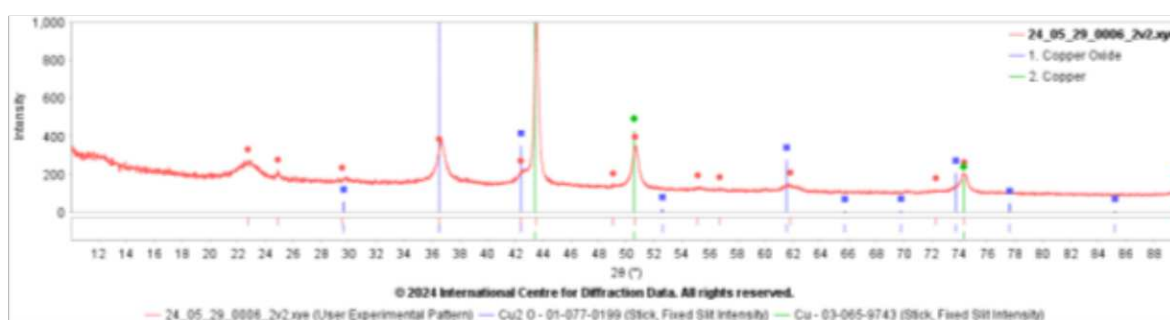
3.30. ábra. Réz-klorid oldat abszorbanciája különböző körülmények között

3.4.3 XRD vizsgálat

Miután megvizsgáltuk az oldatok abszorbanciáját, a mintákat leszűrtük és exsziátorban hagytuk száradni. A kiszáradt mintákat röntgendiffrakciós (XRD) elemzéssel vizsgáltuk meg. Három mintát (3.31, 3.32, 3.33 ábra) tudunk megvizsgálni, mivel a többinél nem állt rendelkezésre elegendő minta a méréshez.

A 3.31 ábrán látható pordiffraktogramon, amelyen a vízszintes tengely a Bragg-szöveget (2θ) jelzi fokokban, míg a függőleges tengely az intenzitást mutatja, a piros vonal a

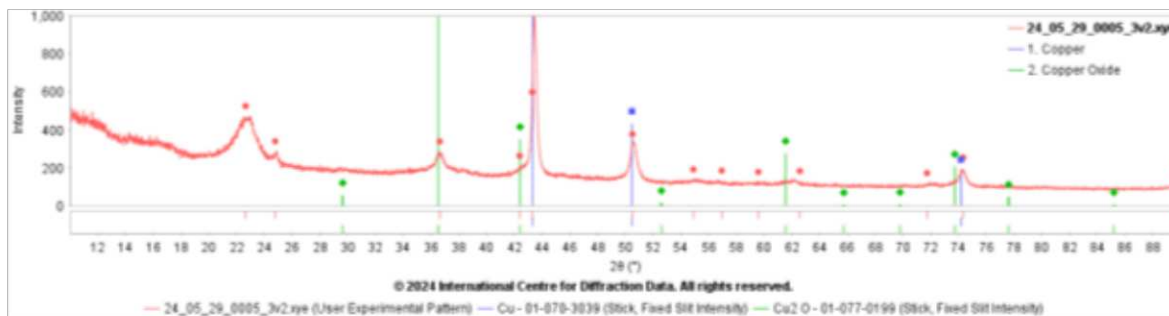
CuCl₂ 0,1 M + NaOH oldatból 50°C-on előállított nanorészecskék kísérleti adatait mutatja. A kék vonal a réz-oxid (Cu₂O) kristályfázisának referencia csúcsait jelölik, amelyeket az adatbázisból vettünk. A zöld vonalak a tiszta réz (Cu) kristályfázisának referencia csúcsait jelölik, szintén az adatbázisból. A piros csúcsok nagy része megfelel a kék vonalakkal jelölt Cu₂O referencia csúcsoknak. A Cu₂O jelenléte egyértelműen azonosítható a következő csúcsoknál: 29,52°, 36,52°, 42,24°, 61,86°. Ez azt jelzi, hogy a minta jelentős mennyiségben tartalmaz réz-oxidot. A piros csúcsok egy része megfelel a zöld vonalakkal jelölt Cu referencia csúcsoknak, ami azt jelzi, hogy a minta tiszta réz is tartalmaz. Tiszta réz (Cu) jelenléte egyértelműen azonosítható a következő csúcsoknál: 43,52°, 50,63°, 74,33°, és 89,90°. A többi csúcs az alapnak a csúcsai (22,74°, 24,90°, 55,14°, 56,72°). A csúcsok intenzitásának összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a minta fő komponensei a réz-oxid és a réz.



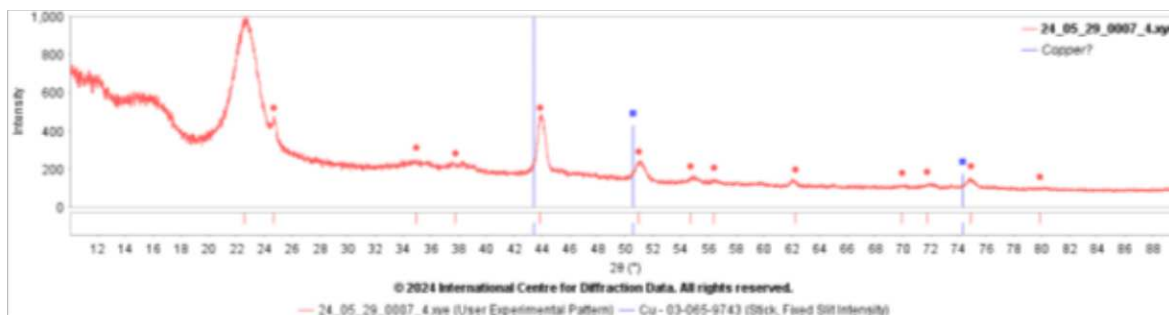
3.31. ábra. CuCl₂ 0,1 M + NaOH oldatból 50°C-on előállított nanorészecskék pordiffraktogramja

Hasonló vizsgálatot végeztünk a CuCl₂ 0,1 M + NaOH oldatból és CuSO₄ 0,1 M + NaOH oldatból szobahőmérsékleten előállított nanorészecskékkel (3.32 és 3.33 ábra). A 3.32 ábrán látható pordiffraktogramon a piros vonal a mi minták által mért kísérleti adatokat mutatja. Ez az adatsor tartalmazza a mért csúcsokat és azok intenzitását. A kék vonal a réz (Cu) referencia minta XRD csúcsait mutatja. A zöld vonal a réz-oxid (Cu₂O) referencia minta XRD csúcsait mutatja. A legtöbb piros csúcs megegyezik a zöld vonalakkal jelölt Cu₂O referencia csúcsokkal. A Cu₂O jelenléte egyértelműen azonosítható a következő csúcsoknál: 29,64°, 36,52°, 42,50°, 61,55°. Ez arra utal, hogy a minta jelentős mennyiségben réz-oxidot tartalmaz. A piros csúcsok egy része egybeesik a kék vonalakkal jelölt Cu referencia csúcsokkal, ami arra utal, hogy a minta tiszta réz is tartalmaz. Tiszta réz (Cu) jelenléte egyértelműen azonosítható a következő csúcsoknál: 43,38°, 50,52°,

74,25°, és 90°. A többi csúcs az alapnak a csúcsai (22,86°, 25,01°). A mért XRD minta (piros vonal) mint a réz, mind a réz-oxid jelenlétét mutatja, ami a referencia minták (zöld és kék vonalak) csúcsaival való egyezések igazolnak. Az azonosított csúcsok és intenzitásuk alapján mindkét anyag jelentős mennyiségben jelen van a mintában.



3.32. ábra. CuCl_2 0,1 M + NaOH oldatból szobahőmérsékleten előállított nanorészecskék pordiffraktogramja



3.33. ábra. CuSO_4 0,1 M + NaOH oldatból szobahőmérsékleten előállított nanorészecskék pordiffraktogramja

A 3.33 ábrán látható kísérleti pordiffraktogram (piros vonal) azt mutatja hogy ebben az esetben első sorban a réz nanorészecskék keletkeztek. A tiszta réz (Cu) jelenléte egyértelműen azonosítható a következő csúcsoknál: 43,86°, 50,97°, 74,90°. A többi csúcs az alapnak a csúcsai. A csúcsok helye és intenzitása összehasonlítva a referenciával megerősíti a réz jelenlétét.

IV. A DOLGOZAT EREDMÉNYEINEK FELHASZNÁLÁSA A KÖZÉPISKOLAI KÉMIAOKTATÁSBAN

Óravázlat

Osztály: 11.

Az óra témája: A kémia szerepe új anyagok létrehozásában, új technológiai területek fejlesztésében, élelmiszer-, nyersanyag-, energia-, környezeti problémák megoldásában.

Тема уроку: Роль хімії у створенні нових матеріалів, розвитку нових напрямів технологій, розв'язанні продовольчої, сировинної, енергетичної, екологічної проблем.

Az óra célja: Tudatosítani a kémia szerepét az új technológiák fejlesztésében.

Az óra levezetéséhez szükséges eszközök és anyagok: Tábla, kréta Réz-szulfát (CuSO_4), Nátrium-hidroxid (NaOH), Glükóz ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), Kézmosó folyékony szappan (stabilizálószer), Desztillált víz, Melegítő forrás, kémcső, pohár, keverő pálcá

Az óra menete

Szervezés

Házi feladat ellenőrzése

Új anyag átadása

Az utóbbi évtizedekben intenzíven fejlődik a nanométerekben mérhető részecskékből álló anyagok előállítása és felhasználása. Ezzel a területtel a nanotechnológia foglalkozik. A nanotechnológia segítségével különböző típusú nanoméretű anyagok állíthatóak elő. A nanorészecskék olyan részecskék, melyek mérete 1 és 100 nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$) között van. A nanotechnológia magában foglalja a képkalkotást, mérést, modellezést és az anyag kezelését ezen a skálán. A nanorészecskéket számos fizikai, kémiai és biológiai tulajdonsággal jellemezhetjük. Talán az egyik legfontosabb jellemző a részecske alakja, mérete és eloszlása.

A nanoanyag-előállítási módszerek a szerint osztályozhatók, hogy összeszerelésük az úgynevezett “alulról felfelé” vagy a “fönről lefelé” irányuló megközelítést követte. A fentről lefelé irányuló eljárásokban kiindulási anyagként ömlesztett anyagot használnak, míg az alulról felfelé irányuló eljárásokban az atomok vagy molekulák a kiindulási anyag. Általában a nanorészecske szintézis módszereit három csoportba lehet sorolni - fizikai módszerek, kémiai módszerek és biológiai segítségű módszerek.

Fizikai módszerek:

- Marás
- Porlasztás

Biológiai módszerek:

- Szintézis mikroorganizmusok felhasználásával
- Szintézis biomolekulák felhasználásával
- Szintézis növényi kivonatok felhasználásával

Kémiai módszerek:

- Szol-gél módszer
- Elektrokémiai szintézis
- Hidrotermikus szintézis
- Kémiai redukciós módszer

A nanorészecskéknek számos felhasználási területe van pl: kozmetikumok, élelmiszergyártás, építőipar, legszéleskörűbben az orvostudományban használják.

A fém nanorészecskék nagy népszerűségnek örvendenek. A nanotechnológia területén a fémes nanorészecskék számos tulajdonságot mutattak, és számos új utat nyitottak meg a nanotechnológiában. A réz az egyik leggyakoribb elem, és fontos szerepet játszik az élő szervezetek szabályos működésében. A réz nanorészecskék kiváló antibakteriális tulajdonságokkal rendelkeznek. Emellett, antibakteriális szerepükön kívül, gombaellenes, vírusellenes és rákellenes tulajdonságokat is leírtak róluk. A réz nanorészecskék szintézisére szolgáló jelenlegi módszerek főként fizikai és kémiai módszerekre oszlanak. A fizikai módszerek közé tartozik a marás, a fizikai gőzleválasztás és a gázelpárologtatás, míg a kémiai módszerek közé tartozik a folyadékfázisú kémiai redukció, az elektrokémiai módszer és a hidrotermikus módszer. Ezek közül a módszerek közül a folyadékfázisú kémiai redukciós módszer széles körben használt, mivel az eljárás egyszerű a fizikai módszerek magas berendezésköltségeivel és szabályozhatatlan eljárásaival szemben.

Kísérlet bemutatása:

Réz nanorészecskék szintetizálása kémiai redukciós módszerrel.

Eszközök és anyagok: Réz-szulfát (CuSO_4), Nátrium-hidroxid(NaOH), Glükóz ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), Kézmosó folyékony szappan (stabilizálószer), Desztillált víz, Melegítő forrás, kémcső, pohár, keverő pálcá

A munka menete:

Oldjunk fel egy kevés mennyiségű réz-szulfátot desztilláltvízben, addig kevergessük amíg teljesen fel nem oldódik. Egy másik pohárba hasonló módom készítsünk glükóz oldatot. Melegítés közben adjuk hozzá a glükóz oldatot a réz-szulfát oldathoz, és fokozatosan adjunk hozzá nátrium-hidroxidot, amíg a pH-érték körülbelül 10-re nem emelkedik. Ekkor adjunk hozzá a kézmosó folyékony szappant stabilizáló szerként. Folytassuk a keverék melegítését és keverését. Ezután hagyjuk a keveréket szobahőmérsékleten kihűlni.

Összefoglalás

Házi feladat

Otthon is kilehet próbálni a nanorészecskék előállítását.

Felhasznált anyagok: rézgálic, Kret (lefolyó tisztító)lúg helyett, citromsav, cukor.

Oldjunk fel egy kevés mennyiségű réz-gálicot desztillált vízben, addig kevergessük amíg teljesen fel nem oldódik. Erőteljes keverés közben fokozatosan adjuk hozzá a lefolyótisztító oldatból néhány cseppet a réz-gálic oldathoz. A lefolyótisztítóban lévő nátrium-hidroxid a lúgos pH beállításához szükséges. Előzetesen a cukor koncentrált vizes oldatához adjon citromsavat és 10-15 percig forralja az oldatot, redukálószerként működik, és a rézionokat réz nanorészecskékké redukálja. Amikor a reakcióelegy eléri az egyenletes forráspontot, adjon hozzá kis mennyiségű cukrot (szacharózt) és citromsavat. Ezek a vegyületek stabilizálószerként működhetnek, és segíthetnek szabályozni a réz nanorészecskék méretét és morfológiáját. Folytassa a reakcióelegy melegítését és keverését majd hagyja a reakcióelegyet szobahőmérsékletre hűlni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatunk során célunk réz alapú nanorészecskék előállítása volt oldatokból, amelyhez első lépésként alaposan áttanulmányoztuk a témában elérhető szakirodalmat. Az irodalmi áttekintés alapján kiválasztottuk az előállítás és a vizsgálatok módját, majd a kísérleteket két különböző közegben végeztük el: savas és lúgos közegben.

A savas közegben végzett vizsgálatok során különböző koncentrációjú oldatokat használtunk, amelyekhez különböző arányokban adtunk 5%-os aszkorbinsav oldatot. Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az aszkorbinsavval való redukció nem ad egyöntetű eredményt a réz alapú nanorészecskék előállítása során.

Lúgos közegben két különböző módszerrel próbálkoztunk. Az első módszernél különböző koncentrációjú oldatokat készítettünk, amelyekhez glükózt adtunk. Ennél a módszernél a fő befolyásoló tényező az idő volt, valamint a rezet tartalmazó oldat koncentrációja. A nanorészecskék a minta elkészítése után körülbelül 30 perccel keletkeztek észlelhető mennyiségben 10^{-2} és 10^{-3} mol/dm³ Cu⁺² koncentrációjú oldatokból. A második módszernél különböző prekursor és koncentrációjú oldatokat alkalmaztunk, a pH beállítását NaOH és NH₄OH segítségével végeztük, a változatlan tényező a stabilizátor (nátrium-dodecil-szulfát) és redukálószer (hidrazin-hidrát) volt. A kísérletet két hőmérsékleten (szoba és 50⁰C) és több időtartományban végeztük. Megalapítottuk, hogy a hőmérséklet a részecske méretre van kihatással, alacsony hőmérsékleten kisebb méretűek keletkeznek. A koncentrációtól való függés vizsgálatánál, a grafikonok elemzése után, arra a következtetésre jutottunk, hogy ennél a módszernél a 0,01 M koncentrációjú oldatok a legoptimálisabbak. A pH-beállítására a NaOH alkalmazása jobb eredményt ad. Az XRD-vizsgálatok során a csúcsok intenzitásának összehasonlítása alapján megállapítottuk, hogy a rézen kívül az előállított minták réz(I)-oxidot is tartalmaznak.

Összefoglalva, kísérleteink során sikeresen állítottunk elő réz alapú nanorészecskéket lúgos közegben. Eredményeink alapján tovább finomíthatjuk az eljárásokat, hogy még precízebben irányíthassuk a nanorészecskék méretét és tulajdonságait a jövőbeli alkalmazásokhoz.

Azonkívül a szakdolgozat elvégzése során a 11 osztályos tanulók számára kidolgoztam egy „A kémia szerepe új anyagok létrehozásában, új technológiai területek fejlesztésében, élelmiszer-, nyersanyag-, energia-, környezeti problémák megoldásában” témájú órávázlatot és egy házikísérletet Cu₂O nanorészecskék előállítására a háztartásban megtalálható vegyszerekből.

РЕЗЮМЕ

Метою дипломної роботи було одержання наночастинок на основі міді з розчинів. Для досягнення мети було проведено пошук літературних даних. За результатами аналізу яких було обрано методи одержання та методики досліджень. Експеримент проводили у двох різних середовищах: кислому та лужному.

Під час експерименту у кислому середовищі використовували розчини різної концентрації, до яких у різних пропорціях додавали 5% розчин аскорбінової кислоти. За результатами досліджень було встановлено, що відновлення аскорбіновою кислотою не дає однозначних результатів під час синтезу наночастинок на основі міді.

Було апробовано два різні методи в лужному середовищі. У першому – готували розчини CuCl_2 та CuSO_4 різної концентрації, до яких додавали розчин глюкози. Основним фактором процесу виявився час та концентрація розчину солі міді. Приблизно через 30 хвилин після додавання розчину глюкози утворювалися наночастинки Cu_2O у помітних кількостях із розчинів із концентрацією 10^{-2} та 10^{-3} моль/дм³. У другому методі використовували розчини з різними прекурсорами та концентраціями, рН регулювали NaOH та NH_4OH , незмінним фактором були: стабілізатор (додецилсульфат натрію) та відновник (гідразингідрат). Експеримент проводили при двох температурах (кімнатній і 50°C) і в декількох часових діапазонах. Ми встановили, що температура впливає на розмір частинок, при низьких температурах утворюються менші частинки. Досліджуючи залежність від концентрації ми дійшли висновку, що найбільш оптимальними для цього методу є розчини з концентрацією 0,01 М. Використання NaOH для регулювання рН дає кращий результат. На підставі порівняння інтенсивності піків під час XRD-тестів ми визначили, що окрім міді отримані зразки містять також оксид міді (I).

Таким чином, нами успішно отримано наночастинки на основі міді в лужному середовищі. Отримані результати дають змогу вдосконалити процедури контролю розміру та властивостей наночастинок на основі міді в процесі їх синтезу.

За результатами дипломної роботи мною був розроблений план уроку для учнів 11 класу на тему «Роль хімії у створенні нових матеріалів, розвитку нових технологічних напрямків, вирішенні проблем харчової-, сировинної- та енергетичної галузей та екологічних» та домашній експеримент з одержання наночастинок Cu_2O у домашніх умовах із хімічних речовин, що зустрічаються у побуті.

IRODALOMJEGYZÉK

- 1) Arole, V M, and S V Munde. 2014. "FABRICATION OF NANOMATERIALS BY TOP-DOWN AND BOTTOM-UP APPROACHES-AN OVERVIEW." *JAAST:Material Science (Special Issue 1)*.
- 2) Crisan, Michaela Corina, Mocan Teodora, and Mocan Lucian. 2022. "Copper Nanoparticles: Synthesis and Characterization, Physiology, Toxicity and Antimicrobial Applications." *Applied Sciences (Switzerland)* 12(1). doi:10.3390/app12010141.
- 3) Das, Mukul, Neha Saxena, and Premendra D. Dwivedi. 2009. "Emerging Trends of Nanoparticles Application in Food Technology: Safety Paradigms." *Nanotoxicology* 3(1). doi:10.1080/17435390802504237.
- 4) Dhand, Chetna, Neeraj Dwivedi, Xian Jun Loh, Alice Ng Jie Ying, Navin Kumar Verma, Roger W. Beuerman, Rajamani Lakshminarayanan, and Seeram Ramakrishna. 2015. "Methods and Strategies for the Synthesis of Diverse Nanoparticles and Their Applications: A Comprehensive Overview." *RSC Advances* 5(127). doi:10.1039/c5ra19388e.
- 5) Ding, Ruikang, Ingrid M Padilla Espinosa, Dennis Loevlie, Soodabeh Azadehranjbar, Andrew J. Baker, Giannis Mpourmpakis, Ashlie Martini, and Tevis D.B. Jacobs. 2022. "Size-Dependent Shape Distributions of Platinum Nanoparticles." *Nanoscale Advances* 4(18): 3978–86. doi:10.1039/d2na00326k.
- 6) Dong, H., Y. C. Chen, and C. Feldmann. 2015. "Polyol Synthesis of Nanoparticles: Status and Options Regarding Metals, Oxides, Chalcogenides, and Non-Metal Elements." *Green Chemistry* 17(8). doi:10.1039/c5gc00943j.
- 7) Ealias, Anu Mary, and M. P. Saravanakumar. 2017. "A Review on the Classification, Characterisation, Synthesis of Nanoparticles and Their Application." In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, doi:10.1088/1757-899X/263/3/032019.
- 8) Ferreira, A. J., J. Cemlyn-Jones, and C. Robalo Cordeiro. 2013. "Nanoparticles, Nanotechnology and Pulmonary Nanotoxicology." *Revista Portuguesa de Pneumologia* 19(1). doi:10.1016/j.rppneu.2012.09.003.
- 9) Gan, Yong X., Ahalapitiya H. Jayatissa, Zhen Yu, Xi Chen, and Mingheng Li. 2020. "Hydrothermal Synthesis of Nanomaterials." *Journal of Nanomaterials* 2020. doi:10.1155/2020/8917013.
- 10) Ghorbani, Hamid Reza. 2014. "Chemical Synthesis of Copper Nanoparticles." *Oriental Journal of Chemistry* 30(2). doi:10.13005/ojc/300254.
- 11) Habibullah, Giyaullah, Jitka Viktorova, and Tomas Ruml. 2021. "Current Strategies for Noble Metal Nanoparticle Synthesis." *Nanoscale Research Letters* 16(1). doi:10.1186/s11671-021-03480-8.
- 12) Ijaz, Irfan, Ezaz Gilani, Ammara Nazir, and Aysha Bukhari. 2020. "Detail Review on Chemical, Physical and Green Synthesis, Classification, Characterizations and Applications of Nanoparticles." *Green Chemistry Letters and Reviews* 13(3). doi:10.1080/17518253.2020.1802517.

- 13) Ingale, Arun G., and A. N. Chaudhari. 2013. "Biogenic Synthesis of Nanoparticles and Potential Applications: An Eco-Friendly Approach." *Journal of Nanomedicine and Nanotechnology* 4(2). doi:10.4172/2157-7439.1000165.
- 14) Jamkhande, Prasad Govindrao, Namrata W. Ghule, Abdul Haque Bamer, and Mohan G. Kalaskar. 2019. "Metal Nanoparticles Synthesis: An Overview on Methods of Preparation, Advantages and Disadvantages, and Applications." *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 53: 101174. doi:10.1016/j.jddst.2019.101174.
- 15) Kaabipour, Sina, and Shohreh Hemmati. 2021. "A Review on the Green and Sustainable Synthesis of Silver Nanoparticles and One-Dimensional Silver Nanostructures." *Beilstein Journal of Nanotechnology* 12. doi:10.3762/BJNANO.12.9.
- 16) Khan, Ibrahim, Khalid Saeed, and Idrees Khan. 2019. "Nanoparticles: Properties, Applications and Toxicities." *Arabian Journal of Chemistry* 12(7). doi:10.1016/j.arabjc.2017.05.011.
- 17) Kumar, Ajeet, and Chandra Kumar Dixit. 2017. "Methods for Characterization of Nanoparticles." In *Advances in Nanomedicine for the Delivery of Therapeutic Nucleic Acids*, doi:10.1016/B978-0-08-100557-6.00003-1.
- 18) Lu, Ruihan, Wuchang Hao, Long Kong, Keliang Zhao, Hao Bai, and Zhenguo Liu. 2023. "A Simple Method for the Synthesis of Copper Nanoparticles from Metastable Intermediates." *RSC Advances* 13(21). doi:10.1039/d3ra01082a.
- 19) Modena, Mario M., Bastian Rühle, Thomas P. Burg, and Stefan Wuttke. 2019. "Nanoparticle Characterization: What to Measure?" *Advanced Materials* 31(32). doi:10.1002/adma.201901556.
- 20) Mourdikoudis, Stefanos, Roger M. Pallares, and Nguyen T.K. Thanh. 2018. "Characterization Techniques for Nanoparticles: Comparison and Complementarity upon Studying Nanoparticle Properties." *Nanoscale* 10(27). doi:10.1039/c8nr02278j.
- 21) Mr Sharad Kamble, Miss Kaveri Bhosale, Mr Mahesh Mohite, and Mrs Swapnali Navale. 2023. "Methods of Preparation of Nanoparticles." *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*: 121–27. doi:10.48175/ijarsct-9485.
- 22) Nakaso, K., B. Han, K. H. Ahn, M. Choi, and K. Okuyama. 2003. "Synthesis of Non-Agglomerated Nanoparticles by an Electrospray Assisted Chemical Vapor Deposition (ES-CVD) Method." *Journal of Aerosol Science* 34(7). doi:10.1016/S0021-8502(03)00053-3.
- 23) Papadaki, Dimitra, George Kiriakidis, and Theocharis Tsoutsos. 2018. "Applications of Nanotechnology in Construction Industry." In *Fundamentals of Nanoparticles: Classifications, Synthesis Methods, Properties and Characterization*, doi:10.1016/B978-0-323-51255-8.00011-2.
- 24) Parashar, Mritunjaya, Vivek Kumar Shukla, and Ranbir Singh. 2020. "Metal Oxides Nanoparticles via Sol–Gel Method: A Review on Synthesis, Characterization and Applications." *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 31(5). doi:10.1007/s10854-020-02994-8.

- 25) Patel, Anuradha, Parixit Prajapati, and Rikisha Boghra. 2011. "Overview on Application of Nanoparticles in Cosmetics." *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences and Clinical Research (AJPSCR)* 1(2).
- 26) Rahimi, Hamid-Reza, and Mohsen Doostmohammadi. 2020. "Nanoparticle Synthesis, Applications, and Toxicity." In *Applications of Nanobiotechnology*, IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.87973.
- 27) Rajpurohit, Naresh A., Kaushalya Bhakar, Meena Nemiwal, and Dinesh Kumar. 2022. "Design and Synthesis of Hybrid Nanostructures for Sustainable Energy and Environmental Remediation." *Arabian Journal of Geosciences* 15(2). doi:10.1007/s12517-022-09456-x.
- 28) Ramimoghadam, Donya, Samira Bagheri, and Sharifah Bee Abd Hamid. 2014. "Progress in Electrochemical Synthesis of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 368. doi:10.1016/j.jmmm.2014.05.015.
- 29) Rao, C. N. Ramachandra, Giridhar U. Kulkarni, P. John Thomas, and Peter P. Edwards. 2000. "Metal Nanoparticles and Their Assemblies." *Chemical Society Reviews* 29(1). doi:10.1039/a904518j.
- 30) Reverberi, A. P., N. T. Kuznetsov, V. P. Meshalkin, M. Salerno, and B. Fabiano. 2016. "Systematical Analysis of Chemical Methods in Metal Nanoparticles Synthesis." *Theoretical Foundations of Chemical Engineering* 50(1): 59–66. doi:10.1134/S0040579516010127.
- 31) Shanker, Uma, Vidhisha Jassal, Manviri Rani, and Balbir Singh Kaith. 2016. "Towards Green Synthesis of Nanoparticles: From Bio-Assisted Sources to Benign Solvents. A Review." *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 96(9). doi:10.1080/03067319.2016.1209663.
- 32) Sharma, Deepali, Suvardhan Kanchi, and Krishna Bisetty. 2019. "Biogenic Synthesis of Nanoparticles: A Review." *Arabian Journal of Chemistry* 12(8). doi:10.1016/j.arabjc.2015.11.002.
- 33) Shnoudeh, Abeer Jabra, Islam Hamad, Ruwaida W. Abdo, Lana Qadumii, Abdulmutallab Yousef Jaber, Hiba Salim Surchi, and Shahd Z. Alkelany. 2019. "Synthesis, Characterization, and Applications of Metal Nanoparticles." In *Biomaterials and Bionanotechnology*, Elsevier, 527–612. doi:10.1016/B978-0-12-814427-5.00015-9.
- 34) Singh, Priyanka, Yu Jin Kim, Dabing Zhang, and Deok Chun Yang. 2016. "Biological Synthesis of Nanoparticles from Plants and Microorganisms." *Trends in Biotechnology* 34(7). doi:10.1016/j.tibtech.2016.02.006.
- 35) Strambeanu, Nicolae, Laurentiu Demetrovici, Dan Dragos, and Mihai Lungu. 2015. "Nanoparticles: Definition, Classification and General Physical Properties." In *Nanoparticles' Promises and Risks: Characterization, Manipulation, and Potential Hazards to Humanity and the Environment*, doi:10.1007/978-3-319-11728-7_1.
- 36) Talabi, Henry Kayode, Benjamin Omotayo Adewuyi, Oladayo Olaniran, Isiaka Oluwole Oladele, and John Ayotomiwa Oladotun. 2022. "MICROWAVE ACCELERATED CHEMICAL REDUCTION METHOD FOR THE PRODUCTION OF

COPPER AND COPPER OXIDE NANOPARTICLES AS NANOMETAL LUBRICANT ADDITIVES.” *Journal of Chemical Technology and Metallurgy* 57(3).

37) Usman, Muhammad Sani, Mohamed Ezzat El Zowalaty, Kamyar Shameli, Norhazlin Zainuddin, Mohamed Salama, and Nor Azowa Ibrahim. 2013. “Synthesis, Characterization, and Antimicrobial Properties of Copper Nanoparticles.” *International Journal of Nanomedicine* 8. doi:10.2147/IJN.S50837.

38) Venkatesh, Nagasamy. 2018. “Metallic Nanoparticle: A Review.” *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research* 4(2). doi:10.26717/bjstr.2018.04.0001011.

39) Zieliska-Jurek, Anna, Joanna Reszczyńska, Ewelina Grabowska, and Adriana Zaleska. 2012. “Nanoparticles Preparation Using Microemulsion Systems.” In *Microemulsions - An Introduction to Properties and Applications*, doi:10.5772/36183.

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1.1. ábra. “alulról felfelé” vagy a “fönről lefelé” irányuló megközelítések	16
1.2. ábra. Nanorészecskék előállításának módszerei	17
2.1. ábra. $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristály	33
2.2. ábra. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kristály	33
2.3. ábra. $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ XRD felvétele	34
2.4. ábra. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ XRD felvétele	34
2.5. ábra. A $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ termogramja	34
2.6. ábra. A $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ termogramja	34
2.7. ábra. A munka folyamata	35
3.1. ábra. A CuSO_4 oldatok abszorbanciája desztillált vízhez mérve	37
3.2. ábra. A CuCl_2 oldatok abszorbanciája desztillált vízhez mérve	37
3.3. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-1} M)	38
3.4. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-2} M)	38
3.5. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-3} M)	39
3.6. ábra. Aszkorbinsavval szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-1} M)	40
3.7. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-1} M)	40
3.8. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-2} M)	41
3.9. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-3} M)	41
3.10. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-1} M)	42
3.11. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-2} M)	42
3.12. ábra. Glükózzal szintetizált réz nanorészecskék UV-VIS abszorpciós spektruma. (10^{-3} M)	43
3.13. ábra. Szobahőmérsékleten készített oldatok	44
3.14. ábra. Az 50°C fokon készített oldatok	44
3.15. ábra. Réz szulfát oldatokból előállított nanorészecskéket tartalmazó oldatok	44
3.16. ábra. Réz klorid oldatokból előállított nanorészecskéket tartalmazó oldatok	45

3.17. ábra. Szobahőmérsékleten készített, különböző koncentrációjú réz-szulfát oldatok spektrumai	46
3.18. ábra. Különböző koncentrációjú, szobahőmérsékleten készített réz-klorid oldatok spektrumai	46
3.19. ábra. 50 °C készített, különböző koncentrációjú réz-szulfát oldatok spektrumai	47
3.20. ábra. 50 °C készített, különböző koncentrációjú réz-klorid oldatok spektrumai	47
3.21. ábra. Réz-szulfát oldatok spektrumai	48
3.22. ábra. Réz-klorid oldatok spektrumai.....	48
3.23. ábra. Réz-szulfát oldatok melynek pH-ját különböző oldatokkal állítottuk be	49
3.24. ábra. . Réz- klorid oldatok melynek pH-ját különböző oldatokkal állítottuk be	49
3.25. ábra. Réz-szulfát oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját nátrium-hidroxid állítottuk be	50
3.26. ábra. . Réz-klorid oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját nátrium-hidroxid állítottuk be	51
3.27. ábra. Réz-szulfát oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját ammónium-hidroxid állítottuk be	51
3.28. ábra. Réz-klorid oldatok abszorpciós spektrumai különböző hőmérsékletekre, melyek pH-ját ammónium-hidroxid állítottuk be	52
3.29. ábra. Réz-szulfát oldat abszorbanciája különböző körülmények között	53
3.30. ábra. Réz-klorid oldat abszorbanciája különböző körülmények között	53
3.31. ábra. CuCl ₂ 0,1 M + NaOH 50°C XRD felvétele.....	54
3.32. ábra. CuCl ₂ 0,1 M + NaOH szobahőmérséklet XRD felvétele	55
3.33. ábra. CuSO ₄ 0,1 M + NaOH szobahőmérséklet XRD felvétele	55

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1.1. táblázat A nanorészecskék fontos fizikai-kémiai tulajdonságai	8
1.2. táblázat Nanorészecskék tulajdonságait vizsgáló módszerek	10

Звіт про перевірку схожості тексту Oxsico

Назва документа:

OroszR.pdf

Ким подано:

Михайло Філеп

Дата перевірки:

2024-06-07 19:43:14

Дата звіту:

2024-06-07 19:58:27

Ким перевірено:

I + U + DB + P + DOI

Кількість сторінок:

53

Кількість слів:

11075

Схожість 1%	Збіг: 16 джерела	Вилучено: 0 джерела
Інтернет: 15 джерела	DOI: 0 джерела	База даних: 0 джерела
Перефразовування 0%	Кількість: 0 джерела	Перефразовано: 0 слова
Цитування 1%	Цитування: 6	Всього використано слів: 254
Включення 0%	Кількість: 0 включення	Всього використано слів: 0
Питання 0%	Замінені символи: 0	Інший сценарій: 1 слова