

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Физика, математика және компьютерлік
ғылымдар сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Физика, математика
и компьютерные науки
Издается с 1997 года

ISSN 2959-068X

№ 1 (2025)
Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Физика, математика и компьютерные науки
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ91VPY00046988

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области физики, математики,
механики и информатики

Подписной индекс – 76208

<https://doi.org/10.48081/YZUA5920>

Бас редакторы – главный редактор

Глеукинов С. К., *д.ф.-м.н., профессор*

Заместитель главного редактора Испулов Н. А., *к.ф.-м.н., профессор*

Ответственный секретарь Жумабеков А. Ж., *PhD доктор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

<i>Esref Adali,</i>	<i>доктор PhD, профессор (Турция);</i>
<i>Qadir Abdul Rahimoon,</i>	<i>доктор PhD, профессор (Пакистан);</i>
<i>Акылбеков Э. Т.,</i>	<i>д.ф.-м.н., профессор;</i>
<i>Демкин В. П.,</i>	<i>д.ф.-м.н., профессор (Российская Федерация);</i>
<i>Дүйшеналиев Т. Б.,</i>	<i>д.ф.-м.н., профессор (Российская Федерация);</i>
<i>Жумадилаева А. К.,</i>	<i>к.т.н., ассоц. профессор;</i>
<i>Ибраев Н. Х.</i>	<i>д.ф.-м.н., профессор;</i>
<i>Кеңесбеков А. Б.,</i>	<i>доктор PhD;</i>
<i>Косов В. Н.</i>	<i>д.ф.-м.н., профессор;</i>
<i>Сеитова С. М.</i>	<i>д.пед.н., профессор;</i>
<i>Сулубаева Л. Г.,</i>	<i>доктор PhD;</i>
<i>Омарова А. Р.</i>	<i>(технический редактор).»</i>

МАЗМҰНЫ

«КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР» СЕКЦИЯСЫ
СЕКЦИЯ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ»
SECTION «COMPUTER SCIENCE»

**Абулханова М. Ю., Кыдырбаева Н. К.,
Ибекеев С. Е., Хабай А.**

Тұрақты ток көзін пайдалана отырып proteus ортасында
қарапайым схема құрастыру.....5

Ермек Б. Қ., Абілқайыр Ж. Н.,

Баймаханов Г. А., Омарова Ж. Б.

Оценка неопределенности измерений
по методу GUM с применением цифрового барометра MSB181..... 19

Дюсенгазина Н. Н., Балгабаева Г. С.

Blockchain технологиясы және оның қолданылуы32

Найманова Д. С., Даутова А. З.

Методы оценки эффективности проекта43

Прокопенко С. С.

Применение искусственного интеллекта как технологии
контроля знаний в образовательной среде54

Рымғалиев Ә. Р., Абеннова А. Т.

Цифрлық маркетинг саласында Adobe Illustrator бағдарламасының
векторлық графикалық редакторын қолдану.....66

Талипов С. Н.

Разработка кроссплатформенных визуальных программ на
wxWidgets в среде Linux с поддержкой кросс-компиляции79

Умарова А. Р., Алимova Ж. С., Исимбаева А. Б.

Электронды басылымдардың өзекті аспектілері91

Умарова З. М., Баенова Г. М., Сеньковская А. А.

Предварительный анализ прогнозирования количества
абитуриентов поступающих в вузы РК.....101

Федкевич М. С.

Использование методов концептуального моделирования
при разработке мобильного приложения «Активный гражданин»..... 118

Schmidt P.

Systems and effective management methods
in the conditions of digitalization..... 130

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на

«Вестник Торайгыров университета» обязательна

**«ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ФИЗИКА» СЕКЦИЯСЫ
СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА»
SECTION «THEORETICAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS»**

Бижигитов Т., Кушербаева М. Р., Бижигитова Л. Т. 1h мұз түрінің серпімділік қасиеттеріне сыртқы параметрлердің әсерін зерттеу	141
Горбов Л. Е., Титов А. А., Шкварина Е. Г. Синтез, аттестация и кристаллическая структура системы $(\text{Cu}_2\text{Se})_n\text{TiSe}_2$	154
Ерғазина Г. М., Шакенов Б. М., Фазлутдинова Ж. К., Жумабеков А. Ж., Касанова А. Ж. Күміс нанобөлшектерінің синтезі және физика-химиялық қасиеттері	162
Kuterbekov K. A., Bekmyrza K. Zh., Kabyshev A. M., Baratova A. A., Aidarbekov N. K. Screen printing technological approaches of materials for solid oxide fuel cells	175
Каюмова А. С., Сериков Т. М. Влияние длительности электрохимического осаждения оксида графена на фотокаталитическую активность наностержней TiO_2	196
Сейтханова А. К., Нурбердиев А. Т., Тамаев С. Т., Тасуев Б., Әбидин Қ. Ш. Жарық ағынының параметрлері арқылы плазма температурасын бағалауға арналған құрылғыны әзірлеу	208
Shaimerdenova K. M., Tleubergenova A. Zh., Tanasheva N. K., Minkov L. L., Abdirova N. T. Investigation of thermophysical factors affecting wind power plant blade efficiency	220

**«МАТЕМАТИКА И СТАТИСТИКА» СЕКЦИЯСЫ
СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА И СТАТИСТИКА»
SECTION «MATHEMATICS AND STATISTICS»**

Матин Д. Т., Ахажанов Т. Б. Глобалды Морри типтес кеңістіктердегі жиындардың функциялардың орта мәндері терминінде компакттылығы	231
---	-----

**«АКАДЕМИЯЛЫҚ ПӘНДЕРДІ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ» СЕКЦИЯСЫ
СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН»
SECTION «METHODOLOGY OF TEACHING ACADEMIC DISCIPLINES»**

Боженкова Л. И., Соколова Е. В. Организация самостоятельной работы школьников в обучении геометрии	243
---	-----

Искакова А. Б., Қуанышбаева М. Т. Орта мектепте «молекулалық-кинетикалық теория негіздері» тарауын оқытуда виртуалды зертханаларды қолданудың әдістемелік негіздері	264
Nurumzhanova K. A., Niyazov M. M., Gairulla A. A. From the experience of developing historical-methodological didactic content on theory of relativity	278
Тулемисова Ж. В., Сыдықова Ж. К. Негізгі мектепте физиканы оқытуда белсенді оқыту әдістерін қолданудың әдістемелік негіздері	296
Авторлар туралы ақпарат Информация об авторах Information about the authors	312
Авторларға арналған ережелер Правила для авторов Rules for authors	330
Жарияланым этикасы Публикационная этика Publication ethics	342

FTAMP 29.19.22

<https://doi.org/10.48081/FPPR5661>

**Г. М. Ергазина¹, Б. М. Шакенов², Ж. К. Фазлутдинова³,
А. Ж. Жумабеков⁴, *А. Ж. Касанова⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2370-9008>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2846-9796>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8404-2608>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2360-3747>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9563-5521>

*e-mail: asiyakass@mail.ru

КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Мақалада күміс нанобөлшектерін (Ag НБ) синтездеу әдістері, олардың физика-химиялық қасиеттері жан-жақты зерттелген. Негізгі үш әдіс ұсынылған: натрий боргидридімен тотықсыздандыру, тұрақтандырғыш ретінде поливинил спирті (ПВС) мен поливинилпирролидонды (ПВП) қолдану. Әрбір әдіс үшін реакция жағдайлары, соның ішінде реагенттердің концентрациясы, температура және процестің ұзақтығы сипатталған. Алынған нанобөлшектердің кілтті сипаттамалары, мысалы, өлшемдері, тұрақтылығы және спектрлік қасиеттері зерттелді. Боргидрид әдісімен алынған нанобөлшектердің диаметрі 10–14 нм аралығында болып, тұрақтылығы 7 күнге дейін сақталатыны анықталды. ПВС және ПВП қолдану нәтижесінде тұрақтылық мерзімі жарты жылға және одан да көп уақытқа ұзартылғаны көрсетілді. Локализацияланған беттік плазмон резонансының (ЛБПР) оптикалық сипаттамалары спектрофотометриялық өлшеулер арқылы расталды, ал бөлшектердің өлшемдік таралуы ZetasizerNano S90 құралының көмегімен зерттелді. Сонымен қатар, электрөткізгіштік қасиеттері зерттеліп, боргидрид әдісімен алынған бөлшектердің электрөткізгіштігінің жоғары екені (863 мСм/см) анықталды. Бұл қасиеттері нанобөлшектерді электроникада қолдануға болатынын көрсетеді. Синтез әдістерінің салыстырмалы талдауы ПВС және ПВП тұрақтандырғыштарының нанобөлшектердің агрегаттық тұрақтылығын арттырып, олардың ұзақ уақыт қолданылуына мүмкіндік беретінін дәлелдеді. Бұл зерттеудің

нәтижелері нанобөлшектерді медицинада, биотехнологияда және электроникада қолдануға жаңа мүмкіндіктер ашады.

Кілтті сөздер: күміс нанобөлшектері, боргидрид әдісі, полиол әдісі, электрөткізгіштік, спектрофотометрия, агрегаттық тұрақтылық, беттік плазмондық резонанс.

Кіріспе

Соңғы екі онжылдықта наноөңірдегі материалдардың ерекше қасиеттерінің арқасында материалтану [1], биомедицина [2; 3], биология, физика [4; 5], химия және басқа да салаларда орасан зор прогреске қол жеткізілді [6]. Күміс нанобөлшектері реттелетін физикалық және химиялық қасиеттерге ие, сондықтан олардың қолданылуын жақсарту үшін олар кеңінен зерттелді. Ag NPs микробқа қарсы қасиеттері дәрілік заттардың (мысалы, амфотерицин В, нистатин, флуконазол) белсенділігін арттыруда және олардың төмен уыттылығы мен биоүйлесімділігіне байланысты бақыланатын дәрілік шығарылым және дәрі-дәрмектің мақсатты жеткізілуіне арналған композициялық тіректерде қолданылады. Сол сияқты, олардың беткі плазмондық резонанстық қасиеті Ag NP-ті сенсорды әзірлеу үшін бірінші сыныпты материалға айналдырады. Мысалы, биомаркерлерді, ауруларды, ластаушы заттарды және фотохимиялық реакциялардағы жоғары каталитикалық белсенділікті анықтауға арналған, беттік күшейтілген Раман спектроскопиясы сияқты сенсорларды әзірлеу салалары [6; 7]. Сонымен қатар, жоғары өткізгіштігі бар Ag NPs электрокардиографтарды жасау үшін киелетін және икемді сенсорларда қолданылады. Ag NPs дайындау үшін физика-химиялық немесе биологиялық тәсілдер қолданылады, әр әдістің оң және теріс жақтары бар.

Бұл жұмыстың мақсаты күміс нанобөлшектерін синтездеу әдісінің олардың өлшемдеріне және беттік плазмонның резонанс пен электр өткізгіштігі сияқты физикалық сипаттамаларына әсерін зерттеу болып табылады.

Материалдар мен әдістері

Құрал-жабдықтар: аналитикалық таразы AS 220.R2, магниттік араластырғыш C-MAG HS 7 control, спектрофлуориметр CM 2203, центрифуга жабдығы CM-12, ультра дыбыстық моншасы WFY-204BS, деионизатор «СПЕКТР-ОСМОС», нано- және микробөлшектердің өлшемдерін өлшегіш ZetasizerNano S90, кондуктометр WTW Multi3420.

Реактивтер: күміс нитраты, натрий боргидриді, поливинилпирролидон, ацетон – SigmaAldrich компаниясының өнімдері, поливинилспирті, этиленгликоль – х.т., абсолютті этанол, деионизацияланған су.

1. Күміс нанобөлшектерін алу әдістері

1.1 Боргидрид әдісі

15 мл 0,002 М натрий боргидридi ерiтiндiсiне мұзды ваннада 5 мл 0,001 М күмiс нитраты ерiтiндiсiн тамшылатып қостық (тамшы жылдамдығы – 1 секундны 1 тамшы). Реакция қоспасы қатты араластырылып, 2 мл күмiс нитраты қосылғаннан кейiн ерiтiндi ашық сары түске боялды. Бүкiл процесс шамамен 3 минутқа созылды, содан кейiн араластыру токтатылды.

1.2 Поливинил спиртiмен тұрақтандырылған күмiс нанобөлшектерiнiң синтезi

25 мл этиленгликольдегi 0,1 г поливинил спиртi ерiтiндiсiне 0,1 ммоль (0,170 г) күмiс нитраты қосылды. Ерiтiндi 120 °С температурада 30 минут бойы қыздырылып, сары-қоңыр түске боялды. Дайын ерiтiндi центрифугаланып, ацетон және этанолмен жуылып, соңында этанолдағы ерiтiндi алынды.

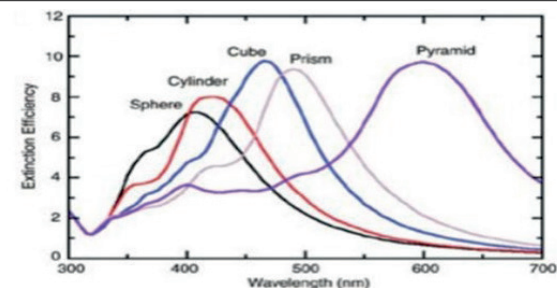
1.3 Поливинилпирролидонмен тұрақтандырылған күмiс нанобөлшектерiнiң синтезi

25 мл этиленгликольдегi 0,5 г поливинилпирролидон ерiтiндiсiне 0,1 ммоль (0,170 г) күмiс нитраты қосылды. Қоспа 120 °С температурада 30 минут қыздырылды. Нәтижесiнде қоңыр түстi ерiтiндi алынды.

Нәтижелер және талқылау

Бұл жұмыста күмiс нанобөлшектерiн алудың үш әдiсi зерттелдi: боргидридтiк әдiс, поливинил спиртiмен және поливинилпирролидонмен полиол әдiсi. Бұл әдiстердегi тұрақтандырғыш ретiнде натрий боргидридi, ПВС немесе ПВП сәйкесiнше болып табылады. Жоғарыда аталған әдiстердiң әрқайсысының реагенттердiң құнына немесе күмiс нанобөлшектерiн оқшаулау әдiстерiне байланысты өз артықшылықтары мен кемшiлiктерi бар.

Техниканың ерекшелiгiн дәлелдеу үшiн күмiс нанобөлшектерiнiң ерiтiндiлерiнiң жұтылу спектрлерi жазылды. Қазiргi кезде көп жағдайда нанобөлшектердiң синтезделгенiн жұтылу максимум шыңдары арқылы анықтайды. Нанобөлшектердiң жұтылу спектрлерiнiң шыңы, шамасы және пішіні нанобөлшектердiң пішіні мен өлшеміне байланысты [8]. 1-суретте күмiс нанобөлшектерiнiң жұтылу максимумы мен бөлшектердiң пішіні арасындағы байланыс көрсетiлген. Егер Ag НБ жұтылу максимумы бойынша 390–410 нм-ге тең, яғни НБ пішіні сфералық болып табылады.



1-сурет – Күміс НБ жұтылу спектрінің бөлшектердің пішініне тәуелділігі

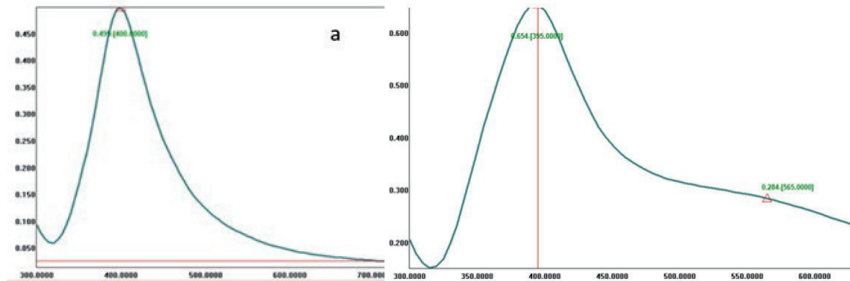
Жұтылу спектрі күміс нанобөлшектерді алу фактісін көрсетіп қана қоймайды, сонымен қатар олардың орташа диаметрін анықтауға мүмкіндік береді. Сфералық күміс нанобөлшектерінің орташа диаметрінің жұтылу спектріне тәуелділігі кестеде көрсетілген.

1-кесте – Сфералық күміс нанобөлшектерінің орташа диаметрінің жұтылу спектріне тәуелділігі [8].

Толқын ұзындығының жұтылу максимумы, нм	Жартылай шыңның ені, нм	Бөлшектің орташа диаметрі, нм
395–405	50–70	10–14
420	100–110	35–50
438	140–150	60–80

Күміс нанобөлшектерiн боргидрид тәсiлiмен синтездеген кезде тұрақты сары коллоидты күмiс алу үшiн араластыру уақытын және реагенттердiң салыстырмалы мөлшерiн қоса алғанда реакция жағдайларын мұқият бақылау керек. Барлық күмiс нитраты қосылғаннан кейiн араластыру жалғаса берсе, агрегация процесi басталады: сары түстi зол алдымен күңгiртке, содан кейiн күлгiн және ақырында сұр түске айналады, содан кейiн коллоидты бөлшектер тұнбаға түседi. Осыған ұқсас агрегация барлық күмiс тұзы қосылмай тұрып, реакция үзiлген жағдайда да орын алуы мүмкiн. Натрий боргидридiнiң көп мөлшерi соңғы өнiмдегi иондық күмiстiң құрамын азайту үшiн де, алынған күмiс нанобөлшектерiн тұрақтандыру үшiн де қажет.

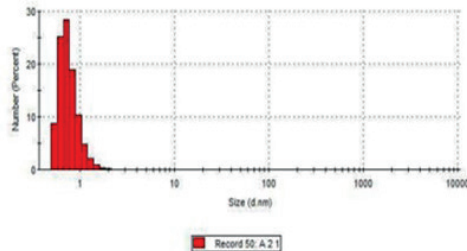
Алынған бөлшектердiң диаметрi 10–15 нм диапазонында болды, ал спектрде 2а суретте көрсетiлгендей күмiс нанобөлшектерiнiң шыңына сәйкес 400 нм және 80 нм енi бар. Ал 7 күн өткеннен кейiн шыңы 395 нм және жартылай шыңның енi 110 нм. Бұл дегенiмiз бөлшектердiң диаметрi 35–50 нм шамасына дейiн өзгердi.



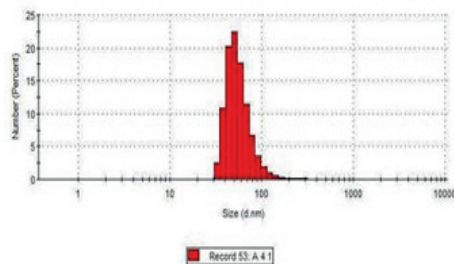
а) жаңа синтезделген
 б) синтезделгеннен 7 күннен кейін
 2-сурет – Боргидрид әдісімен алынған Ag НБ спектрі

Қарағанды қаласындағы Букетов Университеті базасында ZetasizerNano S90 нано- және микробөлшектердің өлшемдерін өлшегіш құралда НБ өлшемі анықталды.

3 суретте көрсетілгендей боргидрид әдісімен алынған жаңа синтезделген күміс нанобөлшектерінің орташа диаметрлері 9,83 нм-ге тең екенін байқаймыз. Ал 7 күннен кейін қайтадан түсіргенде күміс нанобөлшектерінің орташа диаметрлері 241,2 нм-ге дейін ұлғайды.

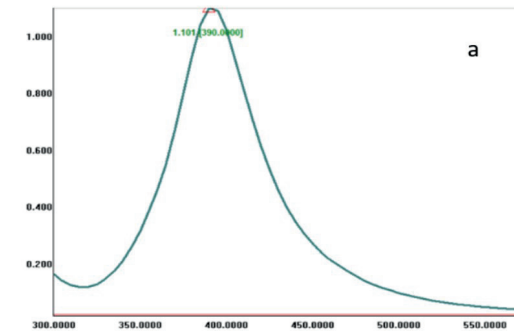


а) жаңа синтезделген
 Size Distribution by Number

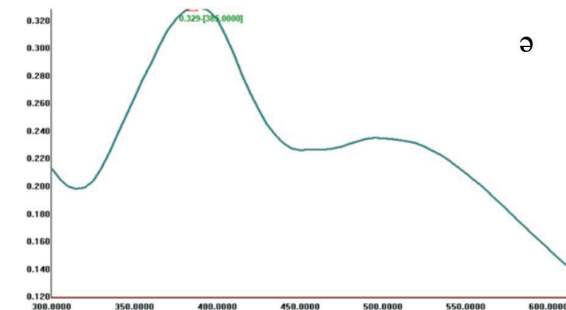


б) синтезделгеннен 7 күннен кейін
 3-сурет – Боргидрид әдісімен алынған Ag НБ диаметрлері

Уақыт өте тұрақты болатын зольдерді алу үшін олардың синтезі кезінде тұрақтандырғышты енгізу керек. Олар ван-дер-Ваальс күштерімен, сутегі байланыстарымен және дипольдік өзара әрекеттесулерден туындаған физикалық адсорбцияның арқасында НБ-терді олардың агрегациясын болдырмайтын қорғаныш коллоидпен «елейтін» поливинилпирролидон (ПВП) қызметін атқара алады [9].



а) жаңа синтезделген

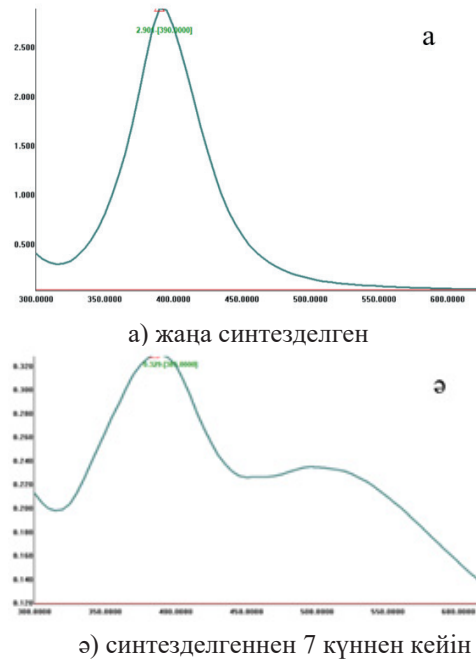


б) синтезделгеннен 7 күннен кейін

4-сурет – ПВП тұрақтандырғышы арқылы алынған күміс НБ

Оны қолдану арқылы алынған НБ 390 нм толқын ұзындығында жұтылу максимумы болады. 4 суретте ПВП арқылы алынған жаңадан дайындалған ерітіндіге арналған күміс НБ спектрофотометриясының графигі көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, бөлшектердің өлшемі шамамен 30–40 нм. Бұл ерітіндіні 7 күннен кейін талдау кезінде бөлшектердің тар таралуы және олардың жыртылай шыңы енінің күрт ұлғаюы байқалды және түсі сарыдан қызылға өзгерді. Тұрақтандырғыш ретінде ПВС сияқты полимерді қолдануға болады [10]. Оның тұрақтандырғыш әсері механизмі бойынша ПВП-ге ұқсас. Оны жоғарыда аталған әдісті қолдана отырып, 5 суретте көрсетілгендей

395 нм толқын ұзындығында жұтылу максимумымен сипатталатын, уақыт бойынша тұрақты болатын күміс зольдері алынды.



5-сурет – ПВС тұрақтандырғышы арқылы алынған күміс НБ

Жаңадан дайындалған күйде бөлшектердің диаметрі 18–20 нм болады, уақыт өте келе бөлшектердің полидисперстілігі жоғарылайды, бұл олардың агрегациясына байланысты болуы мүмкін. Алынған деректерден көрініп тұрғандай, ПВС ПВП-мен салыстырғанда жақсы тұрақтандыру қабілетін көрсетеді.

2-кесте – Әртүрлі әдістердің алынған НБ өлшемдері

Күміс тұзы	Еріткіш	Қалпына келтіргіш/ тұрақтандырғыш	λ_{max} , нм	Шыңның жартылай ені, нм	Алынған нанобөлшектерінің өлшемі, нм
AgNO ₃	Су	NaBH ₄	395	50	10-14
AgNO ₃	Этиленгликоль	ПВП	390	100	30-40
AgNO ₃	Этиленгликоль	ПВС	395	60	18-20

Металл нанобөлшектерінің спектрлік қасиеттері локализацияланған беттік плазмандардың резонанс құбылысымен байланысты. БПР жолағы нанобөлшектердің бетіндегі электрондардың ұжымдық тербелістерінің нәтижесі болып табылады және оның пішініне, өлшеміне және қоршаған ортаға байланысты. Дәл осы қасиетіне байланысты күміс нанобөлшектері жарқын түстерді көрсетеді және оларды жоғары өткізу қабілеті бар пленкалар немесе түсті пигменттер сияқты оптикалық қолданбаларда қолдануға болады.

Электр өткізгіштік күміс нанобөлшектері үшін маңызды сипаттама болып табылады [11]. Электр өткізгіштік көрсеткіші бөлшектердің өлшеміне, еріткішке және олардың концентрациясына байланысты. Бөлшектердің өлшемін немесе еріткіштің тұтқырлығын арттыру электр өткізгіштігін төмендетеді. Сондықтан күміс нанобөлшектері су немесе спирт сияқты еріткіштерде алынады. Әртүрлі әдістермен алынған нанобөлшектердің электрөткізгіштіктерін салыстыру 3-кестеде берілген. Осы мәліметтерге сәйкес ең жақсы өткізгіштікке боргидрид әдісімен алынған нанобөлшектер ие (бөлшектердің диаметрі кішкентай, тұтқыр емес еріткіш), ең төменгі өткізгіштікке ПВП бар нанобөлшектер ие (тұтқыр еріткіш, үлкенірек бөлшектер диаметрі).

Бұл НБ полимерлердің электрөткізгіштікті жоғарылату мақсатында ішіне немесе сыртқы жағына пленка ретінде қолдануға болатынын көрсетеді [7; 11].

3-кесте – Нанобөлшектердің электрөткізгіштігі

Тұздар	Еріткіш	Қалпына келтіргіш/ тұрақтандырғыш	Электрөткізгіштік, мСм /см
AgNO ₃	Су	NaBH ₄	863
AgNO ₃	Этиленгликоль	ПВС	621
AgNO ₃	Этиленгликоль	ПВП	207

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржылай қолдауымен AP19576361 жобасы аясында жүргізілді.

Қорытынды

Жұмыстың нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

– күміс нанобөлшектерін боргидрид әдісімен синтездеу тиімдірек болып табылады. Нанобөлшектердің өлшемі 10–14 нм және жұтылу максимумы 395 нм-ге тең. Нанобөлшектердің агрегациялануы 10–15 минуттан 7 күнге дейін;

– ПВП тұрақтандырылған НБ өлшемі 30-40 нм, жұтылу максимумы 395 нм. Нанобөлшектердің өмір сүру уақыты 1 айдан жарты жылға дейін;

– ПВС тұрақтандырылған күміс НБ арқылы алынған НБ өлшемі 18–20 нм, жұтылу максимумы 390 нм және сарғыш түсін өзгертпеді. Яғни, бұл нанобөлшектердің тұрақты екенін білдіреді. Нанобөлшектердің өмір сүру уақыты жарты жылдан астам;

– Нанобөлшектердің ішінде күміс нанобөлшектері жоғары электрөткізгіштігімен ерекшеленеді (863 мСм/см). Бұл қасиет оларды электронды қолданбаларда, соның ішінде өткізгіш материалдар, сенсорлар және микроэлектроника салаларында пайдалану үшін қолайлы етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Li, Y., Wu, Y., Ong, B. S.** Facile Synthesis of silver nanoparticles useful for fabrication of high-conductivity elements for printed electronics // Journal of the American Chemical Society. – 2005. – V. 127. – № 10. – P. 3266–3267.

2 **Ashraf, S., Akhtar, N., Ghauri, M. A., Rajoka, M. I., Khalid, Z. M., Hussain, I.** Polyhexamethylene biguanide functionalized cationic silver nanoparticles for enhanced antimicrobial activity // Nanoscale Research Letters – 2012. – P. 267–274.

3 **Wei, L., Lu, J., Xu, H., Patel, A., Chen, Z.-S., Chen, G.** Silver nanoparticles: synthesis, properties, and therapeutic applications // Drug Discovery Today. – 2015. – № 20(5). – P. 595–601.

4 **Seliverstova, E. V., Ibrayev, N. K., Zhumabekov, A. Z.** The Effect of Silver Nanoparticles on the Photodetecting Properties of the TiO₂/Graphene Oxide Nanocomposite // Optics and Spectroscopy. – 2020. – 128(9). – P. 1449–1457.

5 **Zhumabekov, A., Kassanova, A., Ispulov, N., Dossumbekov, K., Ospanova, Zh., Dossanov, T., Kurmanov, A.** High responsivity UV detector based on TiO₂-rGO nanocomposite material // Bulletin of the Karaganda University. Physics series. – 2024. – Vol. 29. – 1(139). – P. 6–12.

6 **Dawadi, S., Katuwal, S., Thapa, R., Parajuli, N., Jai, S.** Current Research on Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Applications // Journal of Nanomaterials. – 2021. – 1. – P. 1–23.

7 **Teodoro, B. R., Shimizu, F. M., Scagion, V. P., Correa, D. S.** Ternary nanocomposites based on cellulose nanowhiskers, silver nanoparticles and electrospun nanofibers: use in an electronic tongue for heavy metal detection // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2019. – Vol. 290. – P. 387–395.

8 **Mulfinger, L., Solomon, S. D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, A. V., Rutkowsky, S. A., Boritz, C.** Synthesis and study of silver nanoparticles // J. Chem. Educ. – 2007. – 84. – P. 322–325.

9 **Rónavári, A., Bélteky, P., Boka, E., Zakupszky, D., Igaz, N., Szerencsés, B., Pfeiffer, I., Kónya, Z., Kiricsi, M.** Polyvinyl-Pyrrolidone-Coated Silver

Nanoparticles – The Colloidal, Chemical, and Biological Consequences of Steric Stabilization under Biorelevant Conditions // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – 22(16). – P. 8673.

10 **Pencheva, D., Bryaskova, R., Kantardjiev, T.** Polyvinyl alcohol/silver nanoparticles (PVA/AgNps) as a model for testing the biological activity of hybrid materials with included silver nanoparticles // Materials Science and Engineering C. – 2012. – Vol. 32. – 7. – P. 2048–2051.

11 **Danilov, E. A., Veretennikov, M., Dronova, M., Kalyakin, T., Stepashkin, A. A., Tcherdyntsev, V. V., Samoilov, V.** Simple Route to Increase Electrical Conductivity and Optical Transmittance in Graphene/Silver Nanoparticles Hybrid Suspensions // Applied Sciences. – 2023. – 13(3). – P. 1922.

17.01.25 ж. баспаға түсті.

24.01.25 ж. түзетулерімен түсті.

08.02.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*Г. М. Ергазина¹, Б. М. Шакинов², Ж. К. Фазлутдинова³,
А. Ж. Жумабеков⁴, *А. Ж. Касанова⁵*

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

Поступило в редакцию 17.01.25.

Поступило с исправлениями 24.01.25.

Принято в печать 08.02.25.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В статье проведено всестороннее исследование методов синтеза наночастиц серебра (Ag НЧ), их физико-химических и электрических свойств. Представлены три основных подхода к синтезу: восстановление боргидридом натрия, использование поливинилового спирта (ПВС) и поливинилпирролидона (ПВП) в качестве стабилизаторов. Для каждого метода детально описаны реакционные условия, такие как концентрации реагентов, температуры и продолжительность процессов. Оценены ключевые свойства наночастиц, включая размеры, стабильность и спектральные характеристики. Так, синтезированные боргидридным методом наночастицы демонстрируют сферическую форму с диаметром от 10 до 14 нм и устойчивостью до 7 дней. ПВС и ПВП увеличивают стабильность полученных коллоидов, продлевая срок их использования до полугода и более. Проведены

спектрофотометрические измерения, подтверждающие локализованный поверхностный плазмонный резонанс (ЛППР), а также исследования распределения размеров частиц с использованием прибора ZetasizerNano S90. Также изучены электрические свойства наночастиц, где синтезированные боргидридным методом серебряные частицы показали максимальную проводимость (863 мСм/см), что делает их перспективными для применения в электронике. Сравнительный анализ методов синтеза показал, что использование стабилизаторов, таких как ПВС и ПВП, существенно влияет на агрегативную устойчивость наночастиц, предотвращая их укрупнение и осаждение. Это открывает возможности для дальнейшего применения наночастиц в различных областях, включая медицину, биотехнологию и электронику.

Ключевые слова: наночастицы серебра, боргидридный метод, полиольный метод, электропроводность, спектрофотометрия, агрегативная стабильность, поверхностный плазмонный резонанс.

**G. M. Ergazina¹, B. M. Shakenov², Zh. K. Fazlutdinova³,
A. Zh. Zhumabekov⁴, *A. Zh. Kassanova⁵**

^{1,2,3,4,5}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Received 17.01.25.

Received in revised form 24.01.25.

Accepted for publication 08.02.25.

SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES AND THEIR PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

The article comprehensively studies methods for synthesizing silver nanoparticles (Ag nanoparticles) and their physicochemical and electrical properties. Three main approaches to synthesis are presented: reduction with sodium borohydride, the use of polyvinyl alcohol (PVA) and polyvinylpyrrolidone (PVP) as stabilizers. Reaction conditions such as reagent concentrations, temperatures, and process duration are described in detail for each method. The key properties of nanoparticles, including size, stability, and spectral characteristics, are evaluated. Thus, nanoparticles synthesized by the borohydride method exhibit a spherical shape with a diameter of 10 to 14 nm and a stability of up to 7 days. PVS and PVP increase the stability of the obtained colloids, extending their use to six months or more. Spectrophotometric measurements confirming localized surface plasmon resonance (LPPR) and studies of

particle size distribution using the ZetasizerNano S90 instrument were performed. The electrical properties of nanoparticles were also studied, where silver particles synthesized by the borohydride method showed maximum conductivity (863 mSm/cm), which makes them promising for use in electronics. A comparative analysis of synthesis methods has shown that using stabilizers such as PVA and PVP significantly affects the aggregative stability of nanoparticles, preventing their enlargement and precipitation. This opens up opportunities for further applications of nanoparticles in various fields, including medicine, biotechnology, and electronics.

Keywords: silver nanoparticles, borohydride method, polyol method, electrical conductivity, spectrophotometry, aggregative stability, surface plasmon resonance.