



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

**Azərbaycan Elm Fondunun
“Gənc Alim və Tədqiqatçıların 8-ci
qrant müsabiqəsi”nin (AEF-GAT-8-2024-1(49))
qalibi olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq
(rüblük olaraq 1-ci mərhələ)**

ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Ətraf mühitin əlverişsiz şəraitinə qarşı bitkilərdə nanomodifikasiya olunmuş fitohormonların tətbiqi ilə müdafiə sisteminin stimullaşdırılması**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əmrahov Nurlan Rəşid oğlu**

Qrantın məbləği: **60 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **AEF-GAT-8-2024-1(49)-03/02/3-M-02**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **09 oktyabr 2024-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 noyabr 2024-cü il – 31 oktyabr 2025-ci il**

Layihənin **I mərhələ** üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş elmi işlər Cari rüb üzrə yerinə yetiriləcək işlərə yeni nanoəsaslı qrafen oksidin (QO) sintezi, QO və fitohormonlar əsaslı nanoansabılların sintezi, kimyəvi struktur analizi və identifikasiyası dayanmışdır. Qarşıda 4 məqsədin həlli dayanmışdır. 1. Qrafen oksid nanolaylarının sintezi (QO) 2. Qrafen oksid+ indol-3-sirkə turşusu nanoansamblının (QO+İST) sintezi 3. Qrafen oksid+ kinetin nanoansamblının (QO+kinetin) sintezi 4. Sintez edilmiş nanoansablardan birinin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin müəyyən olunması və strukturlarının təyini. 1. İlk olaraq QO sintezi icra edilmişdir. Bu məqsədlə xammal qismində qrafitdən istifadə edilmişdir. QO saf qrafitdən modifikasiya edilmiş Hummers metodu ilə sintez edilmişdir. QO-in sintezi modifikasiya edilmiş Hammer metodu ilə əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirilmişdir ki, bu da sənaye tətbiqlərinin və elmi tədqiqatların tələblərini daha yaxşı ödəmək üçün səmərəliliyi, təhlükəsizliyi və keyfiyyəti birləşdirir. İlk mərhələdə, NaNO_3 (5 q) və qrafit (10 q) qarışığı H_2SO_4 (250 ml) içində həll edilmiş və qarışıq buz vannasında 15 dəqiqə qarışdırılmışdır. Daha sonra qarışıq 35 q KMnO_4 tədricən əlavə edilmiş və temperaturun 20°C-dən yuxarı qalxmamasına nəzarət edilmişdir. Növbəti addımda, temperatur 35°C-yə qədər artırılaraq qarışıq 4 saat ərzində qarışdırılmışdır. Daha sonra qarışıq 450 ml
----------	---

deionlaşdırılmış su əlavə edilmiş və qalıq KMnO_4 miqdarını azaltmaq üçün 2500 ml H_2O_2 (3%) daxil edilmişdir. Sentrifüqadan keçirilməklə oksidləşmiş qrafit əldə edilmişdir, bundan sonra xlorid turşusu və suyun (1/10 nisbətində) məhlulu vasitəsilə yuyulmuşdur. Daha sonra oksidləşmiş qrafit neytral pH-a çatana qədər -20 gün ərzində distillə edilmiş su ilə yuyulmuşdur. Əldə edilmiş saf QO termostatda 35 dərəcədə 6 gün ərzində qurudulduqdan sonra nanoansambların sintezində istifadə edilmişdir.

2. Qrafen oksid+ indol-3-sirkə turşusu nanoansamblının (QO+İST) sintezi. Bu mərhələnin icrası üçün bir aşağıdakı faktları nəzərə almaq gərəkli idi:

Qrafenin π -konjugasiya olunmuş quruluşunun üzvi və tsiklik kimyəvi maddələrin adsorbsiyası üçün planar aromatik səth kimi fəaliyyət göstərdiyini nəzərə alsaq, heç bir modifikasiya tələb olunmadan π - π qarşılıqlı təsirləri vasitəsilə birbaşa birləşmə mümkündür. QO, metal ionları və qeyri-üzvi elementlər üçün güclü adsorbsiya qabiliyyətinə malik olduğundan, bitki mikroelementlərini effektiv şəkildə çatdırmaq potensialına malikdir. Qrafen karbon nanomaterialları arasında ən yüksək spesifik səth sahəsinə malikdir – təxminən 2620 m²/qram Bundan əlavə, digər nanodaşıyıcılarla müqayisədə ikiölçülü monolayer quruluş kənd təsərrüfatı tətbiqləri üçün daha böyük miqdarda materialın yüklənməsi üçün geniş səth sahəsi təqdim edir. Qrafen son dərəcə yüksək dartılma gücü və əlamətdar mexaniki sabitliyi ilə, tədqiqatlarda ən effektiv və geniş istifadə olunan materiallardan biri kimi qəbul edilmişdir. Bundan əlavə, qrafen oksid əsaslı nanomateriallar yüksək kimyəvi və termal sabitliyə malik olduqları üçün çatdırılma şəraitində kənd təsərrüfatı əhəmiyyətli kimyəvi maddələrinin qorunması üçün uyğundur. Qrafen oksidin həm monolay, həm də çoxlaylı formada istehsal oluna biləcəyini nəzərə alsaq, onun nanodaşıyıcı sistem kimi potensial tətbiqi qiymətləndirilərkən layların sayı vacib amil hesab olunur. Bu, qrafenin səth sahəsinin onun laylarının sayından çox asılı olması ilə əlaqədardır.

Bu faktları nəzərə alaraq, nanoansambların sintezi həyata keçirilmişdir.

QO-İST nanoansamblının sintezi üçün 0,005 q qrafen oksidi götürülmüş və 20 ml etanol içində 15 dəqiqə ultrasəs dağıdıcısı cihazı ilə ultrasonifikasiyaya məruz qalmışdır. Daha sonra 0,05 q IST 2 ml etanolda həll edilmiş və tədricən QO dispersiyasına əlavə edilmişdir. Qarışıq 1 gün ərzində qarışdırılmışdır. Alınmış bərk qarışıq süzülmüş, etanol ilə yuyulmuş və otaq temperaturunda qurumağa qoyulmuşdur. Əldə edilmiş nanoansabl növbəti etaplarda qrafen oksidin və yeni sintez edilmiş nanoansablın fiziki-kimyəvi strukturunun, birləşmə əlaqələrinin və sabilliyinin təyini üçün istifadə edilmişdir.

3. Qrafen oksid+ kinetin nanoansamblının (QO+kinetin) sintezi.

Kinetin+qrafen oksid (GO) nanoensemble sintezi üçün 0,05 q qrafen oksidi götürülmüş və 10 ml buz kimi sirkə turşusunda 15 dəqiqə ərzində sonikasiyaya məruz qalmışdır. Daha sonra 0,2 q 6-furfurilaminopurin (kinetin) 20 ml buzlu sirkə turşusunda həll edilmiş və tədricən GO dispersiyasına əlavə edilmişdir. Qarışıq 1 gün ərzində qarışdırılmışdır. Alınmış bərk qarışıq süzülmüş, əvvəlcə sirkə turşusu, sonra distillə edilmiş su ilə yuyulmuş və otaq temperaturunda qurumağa qoyulmuşdur.

4 Sintez edilmiş nanoansambların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin müəyyən olunması və strukturlarının təyini.

Bu mərhələnin icrası üçün fərqli cihazlardan istifadə edilmişdir. Belə ki, QO+İST təyini üçün transmission elektron mikroskopiya (TEM), FTİR (Furye infraqırmızı spektroskopiya) və XRD (Rentgen şüa difraksiyası) metodlarından istifadə edilmişdir.

QO+İST-nun və QO morfoloji analizi yüksək dəqiqlikli JEM-1400 Transmissiya Elektron Mikroskopu (JEOL Ltd., Yaponiya) vasitəsilə aparılmışdır. Mikroskop LaB₆ elektron mənbəyi ilə təchiz olunmuş və 80-120 kV aralığında sürətləndirici gərginlikdə işlədilmişdir. Nümunələr əvvəlcə uyğun bir həlledicidə su ilə qarışdırılaraq, 15 dəqiqə ultrasəs təsirinə məruz qaldıqdan sonra homogen süспенziya əldə edilmişdir. Süспенziyadan bir neçə mikrolitr karbon örtüklü mis şəbəkəyə (400 mesh) damcıladılmış

və otaq temperaturunda qurumağa buraxılmışdır. Nümunələr material təsvirinin və elektron şüasına həssaslığın tələblərinə əsasən 80-120 kV sürətləndirici gərginlik aralığında müşahidə edilmişdir. Daha yüksək gərginlik (120 kV) daha incə struktur detallarını müşahidə etmək üçün daha yaxşı şərait təmin etmişdir, aşağı gərginlik (80 kV) isə elektron şüasından zərər görməyə həssas materiallar üçün struktur dəyişikliklərini minimuma endirmək məqsədilə istifadə edilmişdir. Mikroskop yüksək kontrastlı mikrostruktur təsvirlərini əldə etmək üçün parlaq sahə rejimində işlədilmişdir. İstifadə olunan böyütmə aralığı maraq dairəsində olan strukturların ölçüsünə uyğun olaraq 10,000x-dan 100,000x-a qədər dəyişmişdir.

QO-IST-nun kimyəvi xüsusiyyətləri dörd dalğalı çevirmə infraqırmızı spektrometri (FTIR, Nicolet iS50, Thermo Scientific, ABŞ) ilə 4000–450 cm^{-1} aralığında və zəiflədilmiş tam əks etdirmə (ATR) əlavə qurğusu vasitəsilə analiz edilmişdir.

Nümunələrin optik xüsusiyyətləri 190-1100 nm dalğa uzunluğu aralığında ölçülər aparılmış Specord 250 Plus UV-Vis Spektrofotometrlə tədqiq edilmişdir. Morfoloji analiz JEOL JEM-1400 transmissiya elektron mikroskopunda 80–120 kV sürətləndirici gərginlik aralığında həyata keçirilmişdir.

Rentgen difraksiya (XRD) təsvirləri Cu hədəfli ($\lambda = 0.1540$ nm) Mini-Flex 600 difraktometri (Rigaku, Tokyo, Yaponiya) ilə standart şəraitdə qeydə alınmışdır. Cihaz 40 kV və 15 mA gərginlikdə işləyən Rentgen mənbəyi ilə təchiz edilmişdir. Məlumatlar 2θ aralığında 2° -dən 80° -yə qədər addımlı skan rejimində toplanmışdır.

Transmissiya elektron mikroskopiyası (TEM) qrafen oksid (QO) nanolaylarının və onun indol sirkə turşusu (QO-IST) ilə konjugasiyasının morfoloji və struktur xüsusiyyətlərini tədqiq etmək üçün istifadə edilmişdir. QO nanolaylarının TEM görüntüləri qrafen oksidə xas olan incə, qırışmış və laylı strukturu nümayiş etdirmişdir, en ölçüləri 500 nm-dən 1 μm -ə qədər dəyişmişdir. QO nanolayları yüksək dərəcədə şəffaf görünmüşdür və bəzi yerlərdə qatlanma funksional qruplar arasındakı qarşılıqlı təsirlərlə izah edilmişdir.

İST ilə funksionallaşdırıldıqdan sonra TEM görüntüləri QO nanolaylarının səthində bəzi sahələrin daha qeyri-şəffaf görünməsi ilə nəticələnmiş, kontrastda cüzi artım nümayiş etdirmişdir (Şəkil 2. c,d). Bu qeyri-şəffaflığın artımı, QO-nun elektron ötürmə qabiliyyətini azaldan IST molekullarının mövcudluğu ilə əlaqədar olub, IST-nun QO səthinə qeyri-kovalent qarşılıqlı təsirlər vasitəsilə müvəffəqiyyətlə bağlanmasını göstərmişdir.

Bundan əlavə, QO qatlarının cüzi qalınlaşması IST-nun mövcudluğunu sübut etmişdir ki, bu da funksionallaşdırmanın qrafen oksid səthinə əlavə molekulyar qatlar gətirdiyini göstərir. QO-IST konyuqatı modifikasiya edilməmiş QO ilə müqayisədə daha möhkəm və nisbətən kobud bir quruluş nümayiş etdirmişdir ki, bu da QO nanolayları ilə IST molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirlərlə izah edilə bilər.

FT-IR spektri, hidroksil ($-\text{OH}$), karbonil ($\text{C}=\text{O}$), karboksil ($-\text{COOH}$) və epoksi ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$) kimi oksigen tərkibli funksional qrupların mövcudluğu ilə qrafitin qrafen oksidə (QO) uğurla oksidləşdiyini təsdiq edir. Spekrtdə 3585.26 cm^{-1} dalğa tezliyindəki pik, hidroksil ($\text{O}-\text{H}$) qruplarının mövcudluğunu göstərir. Geniş və intensiv siqnallar, qrafen oksid təbəqələrinin səthində və ya kənarlarında hidrogen rabitəsi ilə bağlı $-\text{OH}$ qruplarının mövcudluğu üçün tipikdir və onun hidrofilik təbiətini təsdiq edir.

GO-ya xas bəzi spektral zolaqlar 3029.43 cm^{-1} , 1715.40 cm^{-1} , 1574.47 cm^{-1} və 1344.82 cm^{-1} dalğa tezliklərində müşahidə olunmuşdur ki, bunlar sp^2 və ya sp^3 hibridizə edilmiş $\text{C}-\text{H}$ bağlarının uzanma vibrasiyalarına, karbonil ($\text{C}=\text{O}$) qruplarına, aromatik $\text{C}=\text{C}$ bağlarına və alkoqollar, fenollar və ya epoksi qruplarından gələn $\text{C}-\text{O}$ bağlarına uyğun gəlir. Epoksi ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$) və alkoksi ($\text{C}-\text{O}$) qruplarının uzanma vibrasiyalarına uyğun piklər müvafiq olaraq 1222.56 cm^{-1} və 1040.63 cm^{-1} dalğa tezliklərində müəyyən edilmişdir (Verma et al, 2015).

IAA-nın FT-IR spektri onun xarakterik funksional qruplarını təsdiq edir. Təxminən 3381.20 cm^{-1} dalğa

tezliyindəki kəskin və aydın pik, indol qrupundan gələn N–H uzanma vibrasiyasına uyğun gəlir. 2650–3200 sm^{-1} aralığında müşahidə olunan bir sıra udma zolaqları, hidrogen rabitəsi ilə bağlı –OH qruplarının uzanma vibrasiyalarına aid edilir. 1694.16 sm^{-1} dalğa tezliyində müşahidə olunan fərqli və intensiv zolaq, karboksil funksional qrupunun karbonil (C=O) qrupunun uzanma vibrasiyalarına aid edilir (Kamnev et al, 2001).

IST ilə funksionallaşdırmadan sonra bu O–H uzanma vibrasiyası qalır, lakin IST-nun karboksil turşusu funksionallığı tərəfindən əlavə edilmiş hidroksil qrupları səbəbindən intensivlik dəyişir. Bu pikdəki artım həmçinin daha güclü hidrogen rabitəsi qarşılıqlı təsirlərini göstərə bilər və IST-nun QO səthinə uğurla birləşdirildiyini təsdiq edir. QO spektrində amin və ya indol funksional qruplarının olmaması səbəbindən N–H uzanma vibrasiyaları ümumiyyətlə yoxdur. Lakin QO-IST nanoansamblında 3385.11 sm^{-1} dalğa tezliyində indol halqasına xas olan ifadəli N–H uzanma piki görünür. Bu pik, IST-nun QO səthinə uğurla bağlanması güclü sübutudur.

IST spektrində 1694.16 sm^{-1} dalğa tezliyində və QO spektrində 1715.40 sm^{-1} dalğa tezliyində müşahidə olunan güclü pik, QO və IST molekullarının karboksil və karbonil qrupları arasındakı hidrogen rabitəsi səbəbindən 1697.52 sm^{-1} dalğa tezliyinə doğru yer dəyişir. Bundan əlavə, IST-nun mövcudluğu karboksil funksionallığı səbəbindən C=O uzanma vibrasiyalarının ümumi intensivliyini artırır. Bu pikdəki yerdəyişmə və mümkün genişlənmə, IST-nun karboksil qrupunun QO səthinə uğurla bağlandığını göstərir.

IST molekullarının QO nanolaylarının səthinə uğurla bağlandığını göstərən digər analiz filtrasiya prosesi nəticəsində əldə edilən məhlulun UV-Vis analizi olmuşdur. Əldə edilən nəticələrə əsasən, məhluldakı IST miqdarı təxminən 10% təşkil edir .

Təmiz QO-in, təmiz IST-nun və IST/QO kompozit materialının XRD difraktoqramları tərəfimizdən tədqiq olunmuşdur. Burada əsas məqsəd sintez olunmuş qrafen oksidin stabilliyi yə yaratdığı kompleksin stabilliyinin tədqiqi idi.

Təmiz QO-nun difraktoqramından $2\theta=10.76^\circ$ -də müşahidə olunan pik, QO-ya məxsus xarakterik bir pikdir və (001) Miller indeksinə uyğundur (Soomro et al, 2019). Bu pik, oksigen tərkibli funksional qruplar səbəbindən təbəqələrarası məsafəni göstərir və Bragg qanununa ($d=\lambda/2\sin\theta$) əsasən hesablanmış təbəqələrarası məsafə 0.8 nm-ə bərabərdir (Bragg and Bragg, 1913). Təxminən $2\theta=26^\circ$ -də müşahidə olunan zəif bir pik, qrafitik quruluşun (002) qalığı ilə əlaqələndirilə bilər (Cui et al, 2011). $2\theta=42.09^\circ$ -dəki pik, (100) Miller indeksinə uyğundur və GO nümunələrində davamlı olaraq mövcud olan təbəqədaxili qrafitik sp^2 strukturları təmsil edir (Hassen et al, 2024). Bu pik üçün təbəqələrarası məsafə, Bragg qanununa əsasən hesablanmışdır (Bragg və Bragg, 1913) və 0.2 nm təşkil edir. QO-in XRD spektrində (002) və (100) Miller indekslərinə uyğun gələn piklər digər tədqiqatçılar tərəfindən də müşahidə edilmişdir və bu hallarda QO Hummer metodu ilə sintez edilmişdir (Kim et al, 2021).

Təmiz IST-na xas olan piklər 10.11° , 15.18° , 20.47° , 26.89° və 36.01° -də müşahidə olunmuşdur. Bu piklərə uyğun gələn kristallit ölçüləri Debye-Scherrer tənliyi ilə hesablanmışdır (Patterson, 1939) və müvafiq olaraq 0.87 nm, 0.58 nm, 0.43 nm, 0.33 nm və 0.24 nm təşkil edir. QO və IST-dan hazırlanan son kompozit materialın XRD difraktogramı da təhlil olunmuşdur.

IST/QO kompozitinin difraktogramında xarakterik piklər 10.21° , 15.38° , 20.71° , 27.00° və 37.40° -də müşahidə olunur ki, bu da təmiz IST-nun pikləri ilə müqayisədə cüzi yerdəyişmələr göstərir. Bu yerdəyişmələr QO ilə IST arasında struktur qarşılıqlı təsirlərin, ehtimal ki, bağlanma və ya interkalasiya effektlərinin nəticəsi olduğunu göstərir. Scherrer tənliyi ilə (Patterson, 1939) hesablanmış IST/QO kompozitinin kristallit ölçüləri müvafiq olaraq 0.86 nm, 0.57 nm, 0.42 nm, 0.32 nm və 0.24 nm-dir. Bu dəyərlər təmiz IST-nun kristallik ölçüləri ilə müqayisədə cüzi azalmaları əks etdirir və QO-in daxil edilməsi ilə əlaqədar kristal strukturunda baş verən incə dəyişiklikləri göstərir.

Daha əvvəl qeyd edildiyi kimi, QO $2\theta = 42.09^\circ$ -də (100) kristal müstəvisinə uyğun gələn pikə malikdir.

Lakin, IST/QO kompozitində bu pik artıq müşahidə edilmir. Bu yoxluq QO səthlərinin tam və ya qismən IST molekulları ilə örtüldüyünü və bunun da (100) müstəvisinə xas kristallik strukturunu pozduğunu göstərir. Zhang və digərləri (Zhang et al, 2014) tərəfindən aparılmış bir tədqiqatda MnO₂-nin çökməsindən sonra QO-nun səthi örtüldüyü və daha aşağı qrafitləşmə dərəcəsi səbəbindən 2θ ~ 43°-dəki pik yoxa çıxmışdır. IST/QO halında 2θ = 42.09°-dəki pikin olmaması, IST-nun aromatik indol halqası ilə QO-in sp²-hibridləşmiş qrafitik domenləri arasında π-π yığılması kimi qarşılıqlı təsirlərin olduğunu göstərir. Bu təsirlər, QO-in xarakterik qrafitik yığılmasını maneə törədən struktur modifikasiyalarla nəticələnə bilər. Bənzər hal Farea və digərlərinin tədqiqatında da müşahidə edilmişdir (Farea et al, 2021). Onlar göstərmişdir ki, polipirol ilə funksionallaşdırılmış qrafen oksidin tədqiqində polipirolun konjuge sistemi ilə qrafen oksidin qrafitik domenləri arasında güclü π-π yığılması qarşılıqlı təsirləri kristallığı pozmuş və (100) müstəvisi əksini ləğv etmişdir. Öldə olunan nəticələrə əsasən, sintez olunmuş QO stabil və davamlı laylara sahib olması və əmələ gətirdiyi nanoansablın stabilliyi tərəfimizdən müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat:

- Verma, S., & Dutta, R. K. (2015). A facile method of synthesizing ammonia modified graphene oxide for efficient removal of uranyl ions from aqueous medium. *RSC advances*, 5(94), 77192-77203
- Kamnev, A. A., Shchelochkov, A. G., Perfiliev, Y. D., Tarantilis, P. A., & Polissiou, M. G. (2001). Spectroscopic investigation of indole-3-acetic acid interaction with iron (III). *Journal of molecular structure*, 563, 565-572.
- Soomro, S. A., Gul, I. H., Naseer, H., Marwat, S., & Mujahid, M. (2019). Improved performance of CuFe₂O₄/rGO nanohybrid as an anode material for lithium-ion batteries prepared via facile one-step method. *Current Nanoscience*, 15(4), 420-429
- Bragg, W. H., & Bragg, W. L. (1913). The reflection of X-rays by crystals. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 88(605), 428-438. <https://doi.org/10.1098/rspa.1913.0040>
- Cui P., Lee, J., Hwang, E., & Lee, H. (2011). One-pot reduction of graphene oxide at subzero temperatures. *Chemical Communications*, 47(45), 12370-12372.
- Hassen, A., Moawed, E. A., Bahy, R., El Basaty, A. B., El-Sayed, S., Ali, A. I., & Tayel, A. (2024). Synergistic effects of thermally reduced graphene oxide/zinc oxide composite material on microbial infection for wound healing applications. *Scientific Reports*, 14(1), 22942. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73007-5>
- Kim, J. H., Shim, G. H., Vo, T. T. N., Kweon, B., Kim, K. M., & Ahn, H. S. (2021). Building with graphene oxide: effect of graphite nature and oxidation methods on the graphene assembly. *RSC advances*, 11(6), 3645-3654. [10.1039/d0ra10207e](https://doi.org/10.1039/d0ra10207e)
- Patterson, A. L. (1939). The Scherrer formula for X-ray particle size determination. *Physical review*, 56(10), 978. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.56.978>
- Zhang, C., Zhu, X., Wang, Z., Sun, P., Ren, Y., Zhu, J., ... & Xiao, D. (2014). Facile synthesis and strongly microstructure-dependent electrochemical properties of graphene/manganese dioxide composites for supercapacitors. *Nanoscale research letters*, 9, 1-8. <https://doi.org/10.1186/1556-276X-9-490>
- Farea, M. A., Mohammed, H. Y., Sayyad, P. W., Ingle, N. N., Al-Gahouari, T., Mahadik, M. M., ... & Shirsat, M. D. (2021). Carbon monoxide sensor based on polypyrrole-graphene oxide composite: a cost-effective approach. *Applied Physics A*, 127(9), 681. <https://doi.org/10.1007/s00339-021-04837-7>

2

Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)

100%

3

Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

	Tərəfimizdən ilk dəfə olaraq yeni metodla qrafen oksidin sintezi reallaşdırılmış və quruluşu müasir fiziki tədqiqat üsulları tədqiq edilmişdir. Tədqiqat zamanı müəyyən olunmuşdur ki, əmələ gələn nanolayların qalınlığı 1 nm təşkil etmişdir. Öldə edilmiş laylı struktura malik qrafen oksid əsasında yeni nanoansablların sintezi həyata keçirilmişdir. Bunun üçün İST və kinetindən istifadə edilmişdir. Nanoansablların alınması zamanı qeyri kovalent konyuqasiya metodundan istifadə olunmuşdur. Öldə edilmiş yeni nanoansablların strukturu FT-İR, XRD və TEM analizlərlə sübut edilmiş, və burada nanoansablların davamlılığı tərəfimizdən sübut edilmişdir.
4	Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar Ədəbiyyatda məlum olan Hammer üsulunu modifikasiya edərək qrafen oksid nanolaylarının sintezi həyata keçirilmişdir. Metodun modifikasiyası oksidləşdiricilərin qatılığının artırılması ilə bağlı olmuşdur. Bunun üçün ilk öncə qrafit oksidləşdirilərək qrafit oksid alınmış və sonifikasiya üsulundan istifadə edərək qrafit layları arasında olan C-C rabitələri parçalanmış və qrafen oksid nanolayları alınmışdır. Ansamblların sintezi qeyri kovalent konyuqasiya üsulu ilə həyata keçirilmişdir. Sonifikasiya zamanı qrafen oksid nanolayları və üzvi birləşmələr arasında qeyri kovalent əlaqələr yaranaraq bir birinə bağlanmışdır. Qeyri kovalent əlaqələrin nümunəsi kimi aşağıdakıları göstərmək olar: 1. Hidrogen rabitələri- bir tərəfdən qrafen oksid nanolayların hidroksil, karboksil və epoksid qrupları, digər tərəfdən üzvi birləşmələrin amin və karboksil qrupları arasında molekullarası hidrogen rabitəsi əmələ gəlir. 2. π-π rabitələri- bir tərəfdən qrafen oksid nanolayların aromatik həlgələri arasında, digər tərəfdən üzvi birləşmələrin furan, pirrol və benzol həlgələri arasında molekullarası zəif qeyri kovalent rabitə əmələ gəlir. Əmələ gələn nanolaylar və ansamblların quruluşları FT-İQ, toz XRD və TEM üsulları ilə tədqiq olunmuşdur.
5	Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərç olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) <i>(surətlərini əlavə etməli!)</i> -
6	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər -
7	Layihə üzrə ezamiyyətlər -
8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak -
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak -
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) -
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar -
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr Layihə çərçivəsində aşağıda adları göstərilən həmkarlarla həmrək işlərin aparılması həyata keçirilir: 1. Azərbaycan Tibb Universitetinin Sitologiya, Embriologiya və Histologiya kafedrasının müdiri professor Eldar Qasimov və Elektron Mikroskopiya Laboratoriyasının müdiri Fuad Rzayev 2. Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun Texniki və Yem bitkiləri şöbəsinin müdiri Rühəngiz Məmmədova

	3. Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı Nazirliyinin Əkinçilik Elmi Tədqiqat İnstitutunun direktoru Faiq Xudayev
	4. Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutunun əməkdaşları Hacı Vahid Axundzadə və Rəna Xankişiyeva .
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr
	Layihə çərçivəsində aşağıda adları göstərilən Türkiyə Respublikasının universitetlərindən həmkarlarla həmrək işlərin aparılması həyata keçirilir:
	1. Ege Universiteti Fən fakültəsinin əməkdaşları professor Ferah Sayım, professor Esra Ersoy Öməröglü və professor Barış Uzılday
	2. Sivas Cumhuriyyət Universitetinin Fən fakültəsindən professor Koray Sayın
	3. Yıldır Texnik Universitetinin Kimya-Metallurgiya fakültəsindən professor Sevil Yücel
	4. Yaşar Universiteti Tarım Bilimləri və Texnoloji fakültəsinin dekanı professor İsmail Türkan
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı
	Hal hazırda layihə çərçivəsində 1 doktorant və 3 magistr hazırlığı həyata keçirilir. Magistrların hazırlığı əsasən yeni nanoansambların sintezi, onların fərqli bitkilərdə təsirinin öyrənilməsi ilə əlaqəlidir.
15	Sərgilərdə iştirak
	-
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi
	-
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s.
	-

Layihə rəhbərinin imzası _____ Əmrahov Nurlan Rəşid oğlu

Tarix _____

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.