



2023

**ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ім. Б.І. ВЕРКІНА
НАН УКРАЇНИ**



Прифронтовий Харків **24/02/2022 -?**

ФТІНТ продовжує активно працювати :

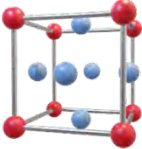
- силами та коштами Інституту закриті ОСБ плитами вибиті віконні пройми (неодноразово);**
- відремонтовано інженерні мережі;**
- відновлена система опалення;**
- ведуться роботи з ремонту низькотемпературного обладнання.**

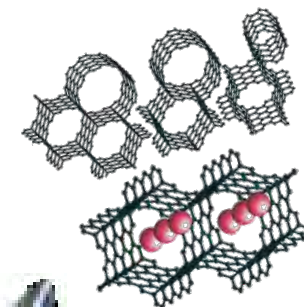
Потрібна цілеспрямована допомога для відновлення виробництва кріогенних рідин



ОСНОВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

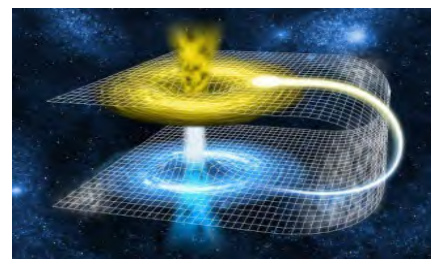
- ФІЗИКА:

- Фізика низьких і наднизьких температур
- Фізика твердого тіла 
- Нанофізика, нанотехнології, нанобіофізика
- Низькотемпературне і космічне матеріалознавство



- МАТЕМАТИКА:

- Математична фізика
- Аналіз
- Геометрія



ФІЗИЧНІ ВІДДІЛИ

Магнетизму

Магнітних і пружних властивостей твердих тіл

Фізики реальних кристалів

Теплових властивостей і структури твердих тіл та наносистем

Фізики квантових рідин і кристалів

Спектроскопії молекулярних систем і наноструктурних матеріалів

Надпровідних і мезоскопічних структур

Молекулярної біофізики

Мікроконтактної спектроскопії

Теоретичної фізики

МАТЕМАТИЧНЕ ВІДДІЛЕННЯ

Математичної фізики

Диференціальних рівнянь та геометрії

Теорії функцій

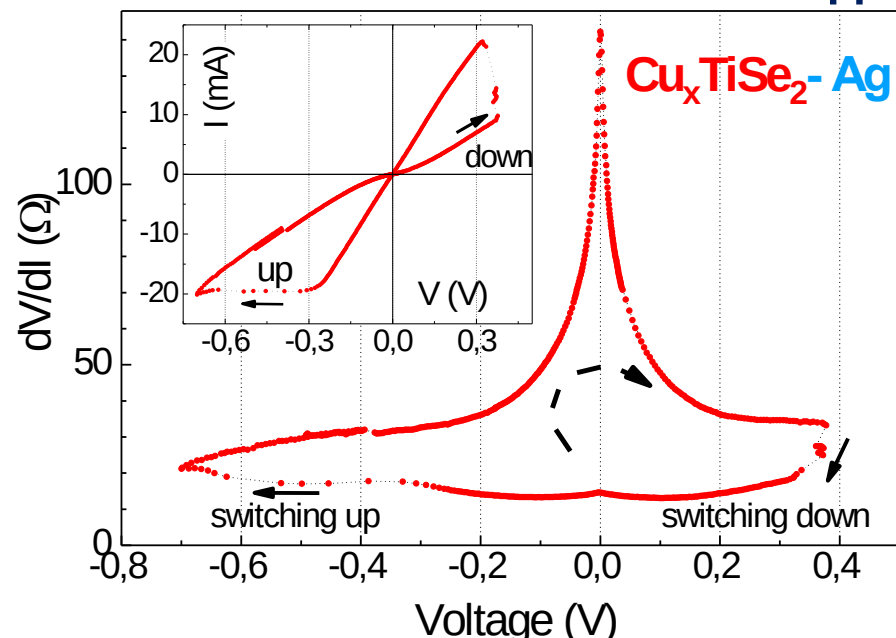




ВІДКРИТТЯ РЕЗИСТИВНОГО ПЕРЕМИКАННЯ В ТОЧКОВИХ КОНТАКТАХ (ТК) НА ОСНОВІ ШАРУВАТИХ (ДИ)ХАЛЬКОГЕНІДІВ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ

Д. Л. Башилаков, О. Є. Квітницька, Ю. Г. Найдюк та ін., *Low Temperature Physics*, **49**, 916 (2023)

Виявлено **ефект резистивного перемикавання** у провідності ТК Янсона на основі шаруватих селенідів перехідних металів: TiSe_2 , TiSeSi , Cu_xTiSe_2

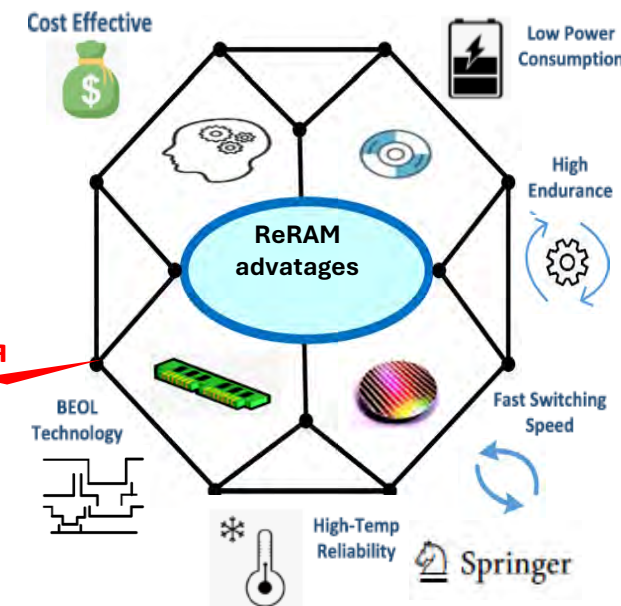
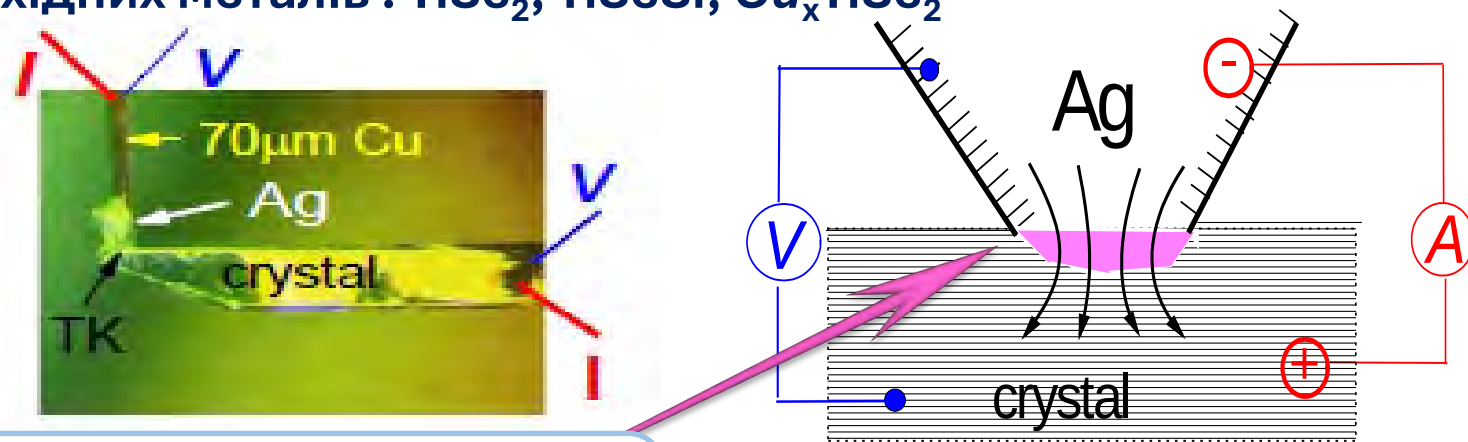


Перемикання ТК з низького на високий опір і навпаки на dV/dI та ВАХ (на вставці) при $T=4\text{K}$.

зона концентрації ел. поля у ТК, яке викликає зміщення вакансій Se/Ti і перемикавання

Це відкриття свідчить про можливість застосування вказаних матеріалів у нанoeлектроніці і комп'ютерній техніці, наприклад, при вдосконаленні енергонезалежної пам'яті з довільним доступом ReRAM чи розробці нового типу логічних елементів для розвитку нейроморфної інженерії і т.п.

Виявлення ефекту резистивного перемикавання за допомогою ТК Янсона надає простий і доступний метод швидкого пошуку та характеристизації матеріалів, які можуть бути використані для впровадження новітніх технологій і в розробці більш ефективних, енергоощадних та гнучко масштабованих електронних пристроїв.



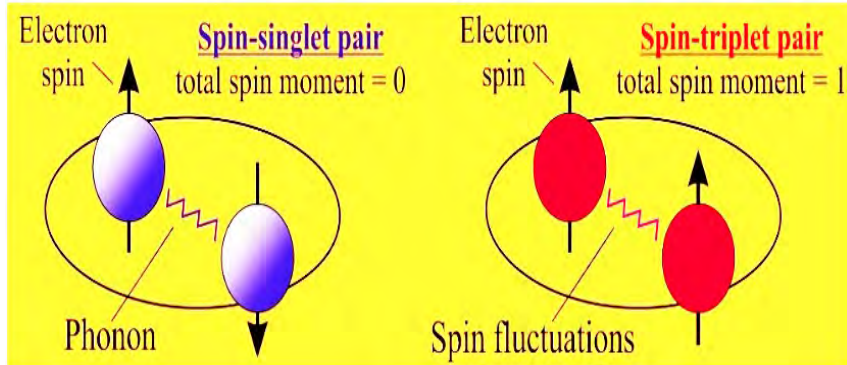


Надпровідність рідкісноземельних боридів

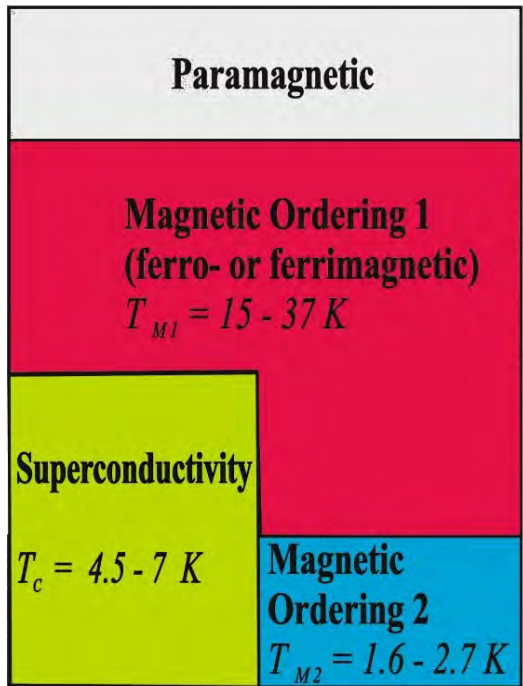
$\text{Dy}_{1-x}\text{Er}_x\text{Rh}_{3.8}\text{Ru}_{0.2}\text{B}_4$ ($x = 0, 0.2, 0.4$) та $\text{Dy}_{0.6}\text{Y}_{0.4}\text{Rh}_{3.85}\text{Ru}_{0.15}\text{B}_4$

А.В. Терехов, В. М. Яровий, І.В. Золочевський, Л.О. Іщенко, Є.В. Христенко

Low Temperature Physics, 49, 991(2023)



$(\text{Dy}_{1-x}\text{Y}_x)(\text{Rh}, \text{Ru})_4\text{B}_4$



50 K

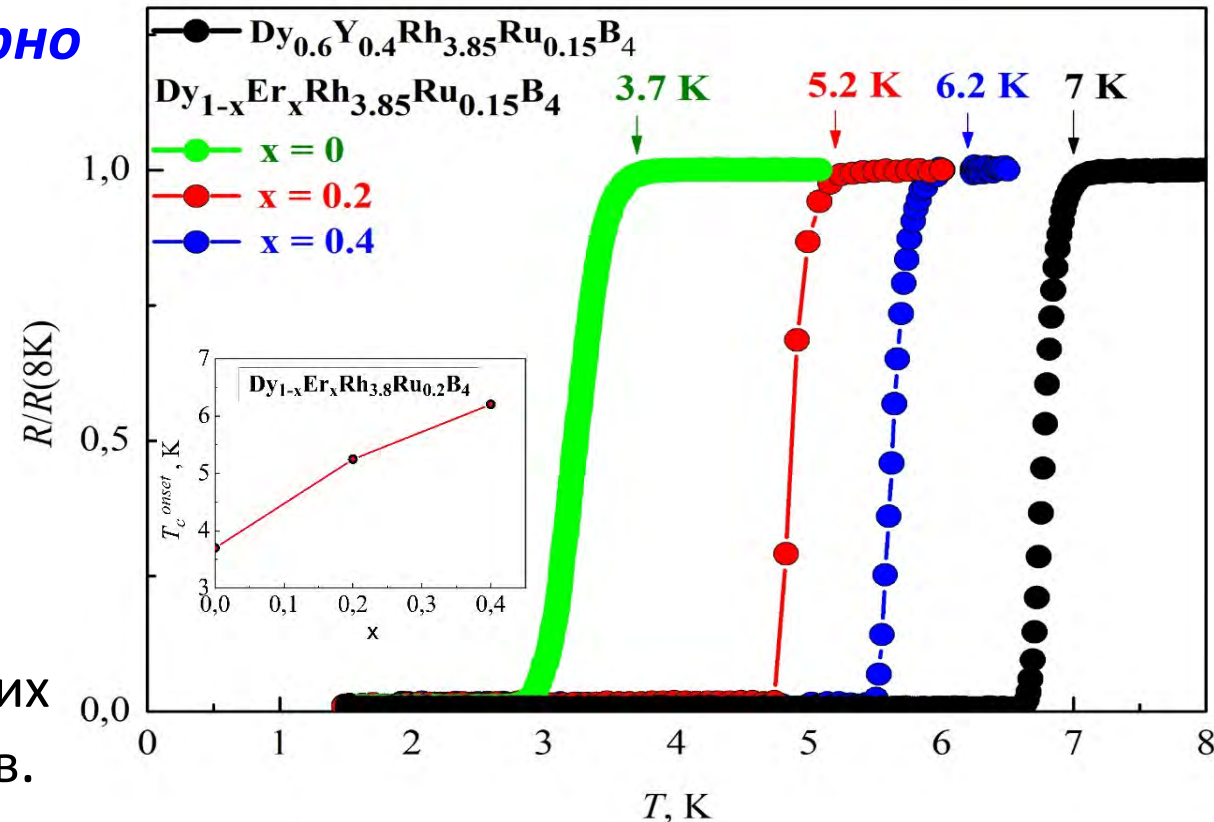
1.5 K

**цілком ймовірно
ТРИПЛЕТНОЇ**

що робить
перспективним
використання цих
матеріалів для
створенні елементів
кубітів для топологічних
квантових комп'ютерів.

**Знайдено додаткові докази існування в магнітних
рідкісноземельних боридах родію $\text{RE}(\text{Rh}, \text{Ru})_4\text{B}_4$**

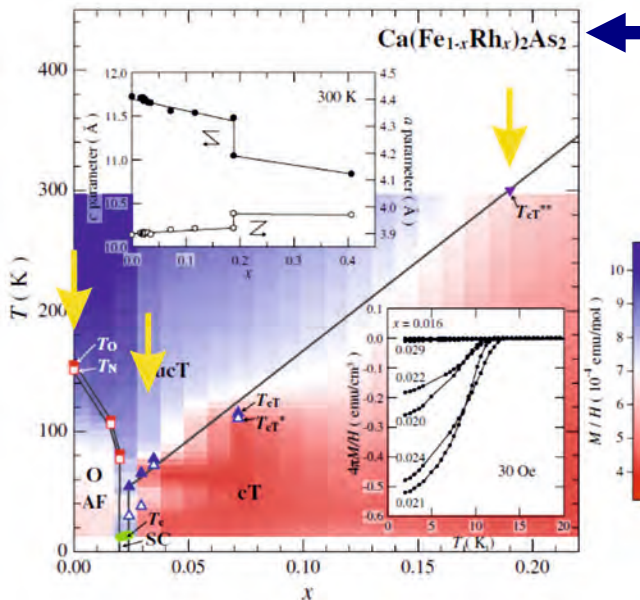
НЕТРИВІАЛЬНОЇ НАДПРОВІДНОСТІ,





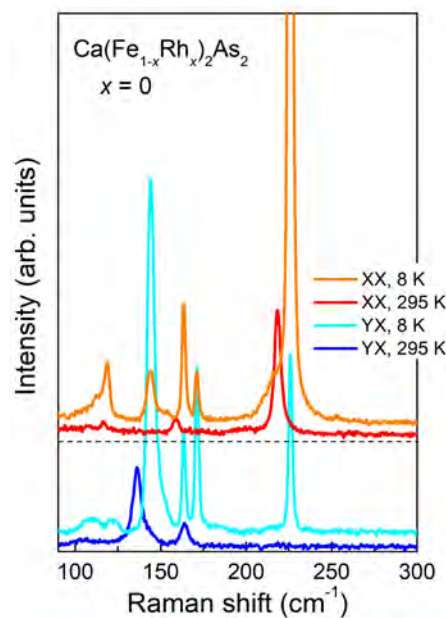
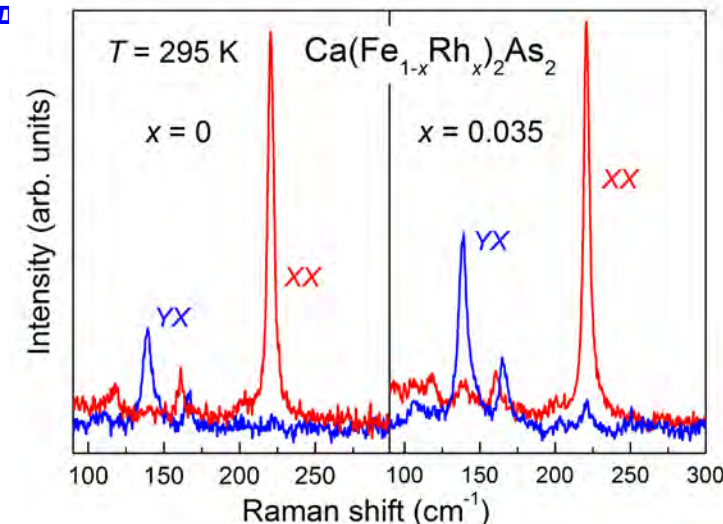
Вплив легування та електронних кореляцій на фазовий поділ у пніктиді заліза $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Rh})_2\text{As}_2$

В.П. Гнезділов, О.Ю. Гламазда та ін. (arXiv:2308.08633; подано д



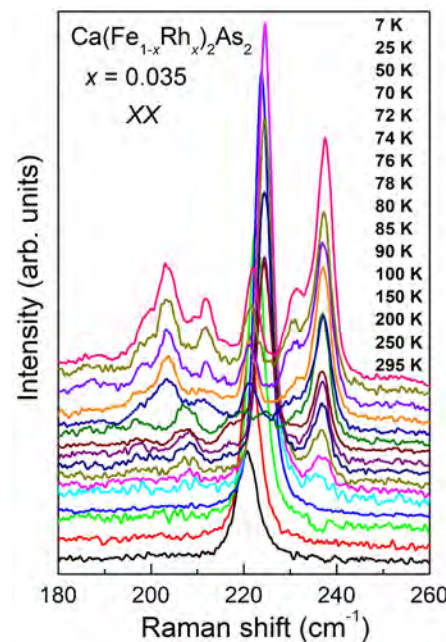
Досліджено три зразки, що належать до різних ділянок фазової діаграми $\text{Ca}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2\text{As}_2$. Незвичайна надпровідність виникає на межі орторомбічної антиферромагнітної і згорнутої тетрагональної фаз.

Вперше спостережено ефект фазової сепарації в високотемпературній фазі - два набори фононних ліній ($A_{1g} + B_{1g}$) симетрії виявлено в раманівських спектрах, що пов'язано з співіснуванням двох фаз, що містять іони заліза з різними спіновими станами.



У $x = 0$ зразках обидві фази зазнають тетра-орто фазовий перехід при температурі $T_0 = 160$ K.

Всупереч загальноприйнятій думці, що перехід у колапсовану тетрагональну фазу супроводжується лише частотним зміщенням фононних мод без зміни симетрії кристала, **вперше** в легованих зразках виявлено каскад структурних фазових переходів при охолодженні.



Таким чином: Раманівські дослідження залізовмісних пніктидів $\text{Ca}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2\text{As}_2$ дозволили **вперше виявити наномасштабну фазову сепарацію в чистому і допованих зразках із складною рівновагою фаз, що контролюється спіновим станом іона заліза.** Цей стан може бути змінений впливом температури, зовнішнього або хімічного тиску. Отже структурні нестабільності, які пов'язані з існуванням багатьох енергетичних мінімумів у енергетичному ландшафті $\text{Ca}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2\text{As}_2$ можуть відігравати важливу роль у формуванні надпровідності та особливостей магнетизму цих матеріалів.

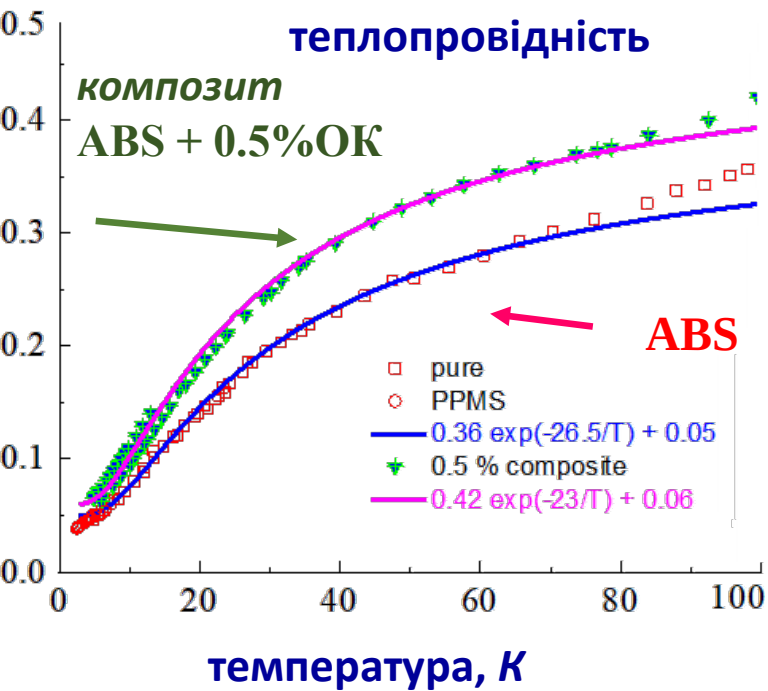
Покращення теплового транспорту в полімері ABS з оксидом графену: аналіз поведінки теплопровідності при низьких температурах та її кореляція з аномалією бозонного піку (БП)



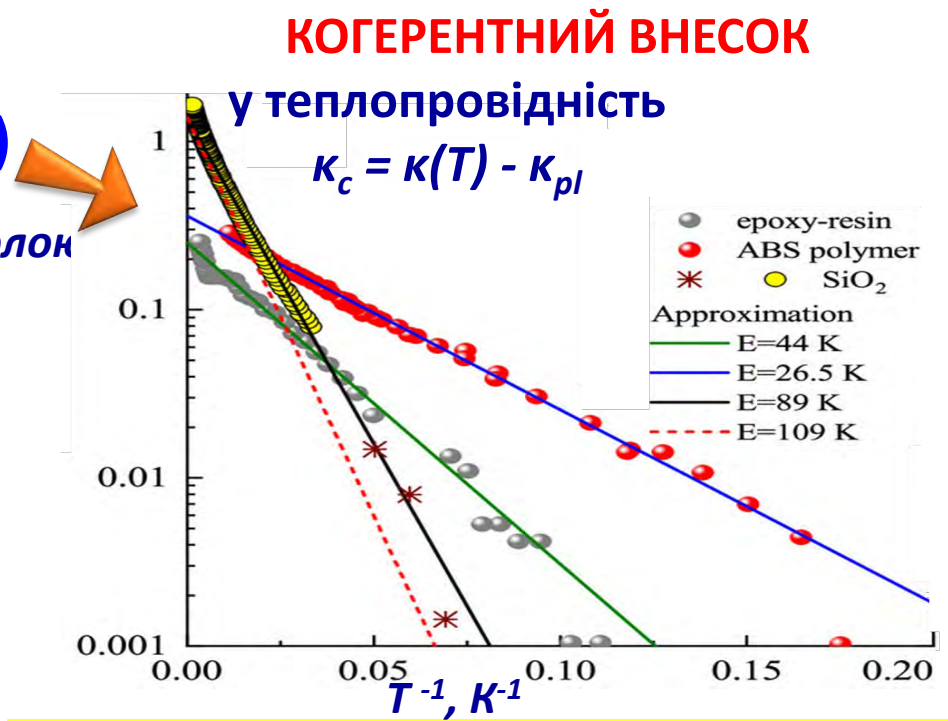
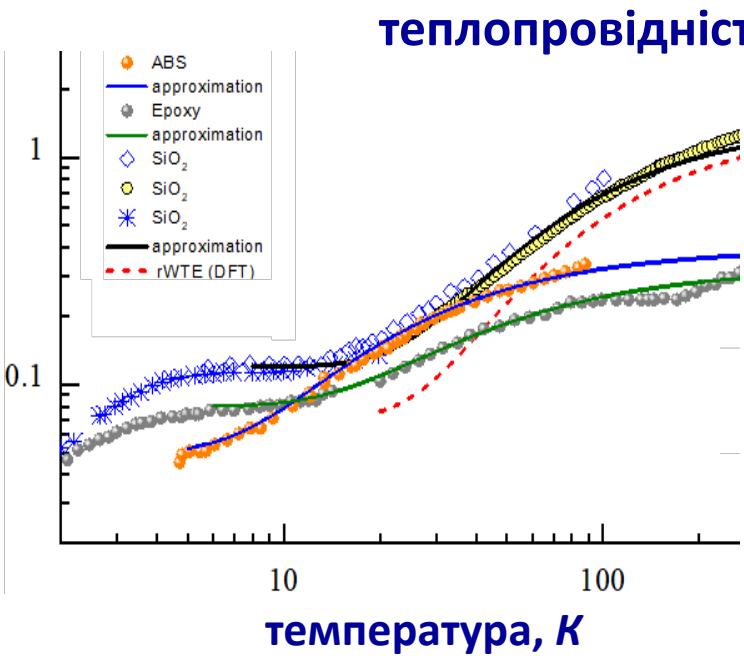
A.I. Krivchikov, A. Jeżowski, V.A. Konstantinov, V.V. Sagan, O.A. Korolyuk, D. Szewczyk,
Thermochimica Acta, 179696, <https://doi.org/10.1016/j.tca.2024.179696>, (Q2).

ТЕПЛОВИЙ ТРАНСПОРТ
в полімері ABS:

ВПЛИВ ОКСИДУ ГРАФЕНУ (trGO)



АПРОКСИМАЦІЯ :
 $\kappa(T) = \kappa_c + \kappa_0 \cdot \exp(-E/T)$
порівняння ABS з епоксидною смолою та структурним склом SiO₂



Кореляція температури БП з енергією E

АМОРФНИЙ МАТЕРІАЛ	E, K	T _{БП} , K	E/T
ABS	26,5	3,6	7
ABS+0.5%trGO	23	3,8	6
Епоксидна смола	43	5,3	8,1
Скло SiO ₂	89	10,2	8,6



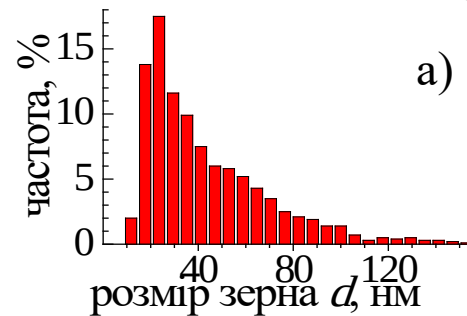
СТРАТЕГІЯ ВИРІШЕННЯ ДИЛЕМИ «ВИСОКА МІЦНІСТЬ – НИЗЬКА ПЛАСТИЧНІСТЬ»

В.А. Москаленко, А. Р. Смірнов, Р.В. Смолянець, Ю. М. Погрібна, *Low Temperature Physics* 49, 1376 (2023)

Дилема «висока міцність – низька пластичність» виникає при отриманні високоміцних нанокристалічних (НК) ГПУ металів, е.г. Ті
Суть рішення - створення гетерогенної зеренної структури з характерним розподілом зерен за розміром.

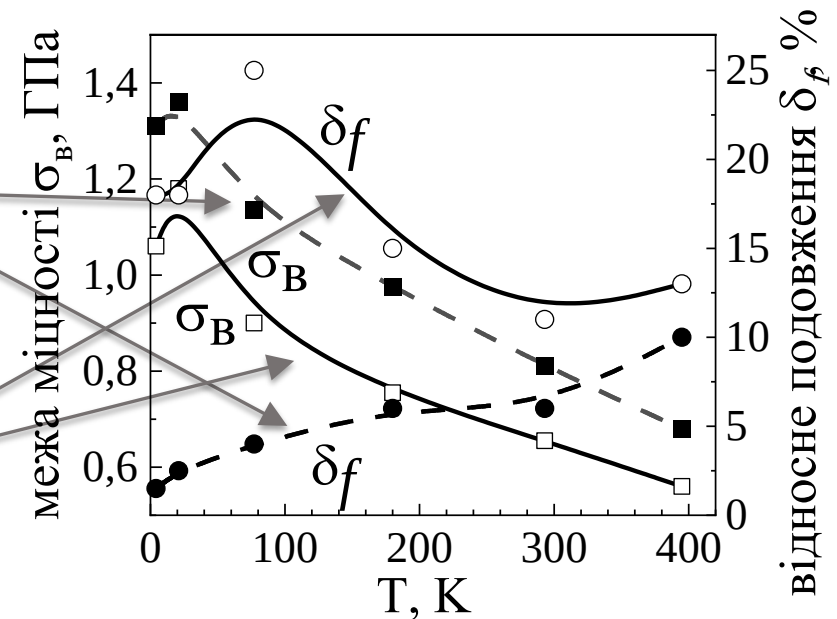
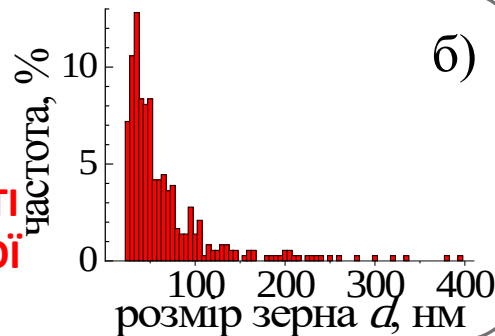
З'ясовано: фізичний механізм підвищення низькотемпературної пластичності пов'язаний з поєднанням кількох деформаційних процесів: відтворення внутрішньозеренної дислокаційної активності, динамічного (атермічного) росту зерен під дією зсувних напружень та нанодвійникування у зернах субмікронного розміру.

Мономодальна НК зеренна структура ($d = 45$ нм);
висока міцність,
низька пластичність.



Гетерогенна НК ($d = 80$ нм) зеренна структура (НК матриця + $\sim 15\%$ зерен субмікронного розміру).

СУТТЄВЕ ПІДВИЩЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ
ПРИ ЗБЕРЕЖЕННІ ДОСТАТНЬО ВИСОКОЇ
МІЦНОСТІ.



Механічні властивості НК Ті з різним розподілом зерен за розміром.

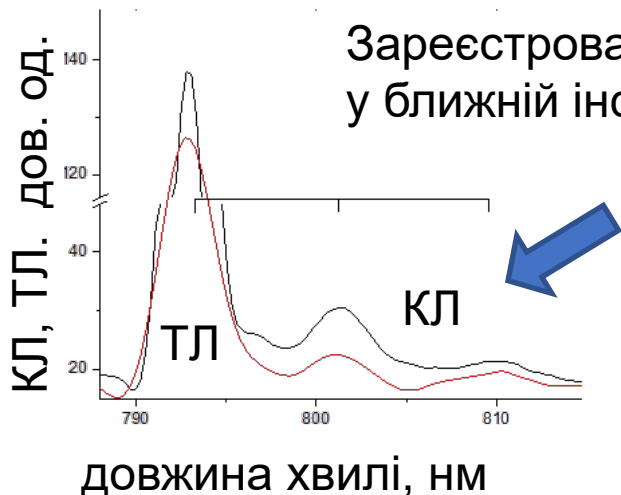
Гістограми розподілу зерен за розміром після кріовальцювання при $T = 77$ К (а) та наступного відпалу (б).

Отримані результати є основою для науково аргументованих рекомендацій щодо розробок зі створення сучасних наноструктурних матеріалів з розширенням спектру їх використання в аерокосмічній техніці та виробках медичного призначення.



ВІДКРИТТЯ НОВОЇ МОЛЕКУЛЯРНОЇ СЕРІЇ АЗОТУ

М.О. Блудов, С.О. Уютнов, І.В. Хижний, О.В. Савченко

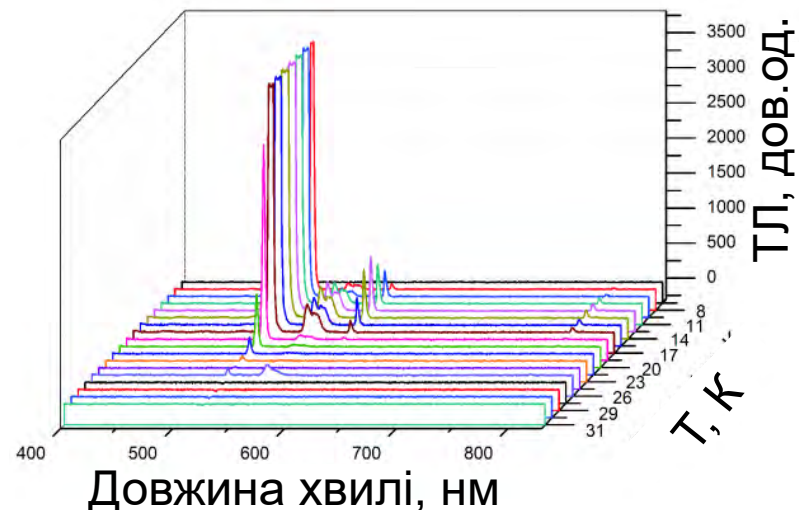


Нова серія в спектрах катодолюмінесценції КЛ (5 К) і термолюмінесценції ТЛ (16 К)

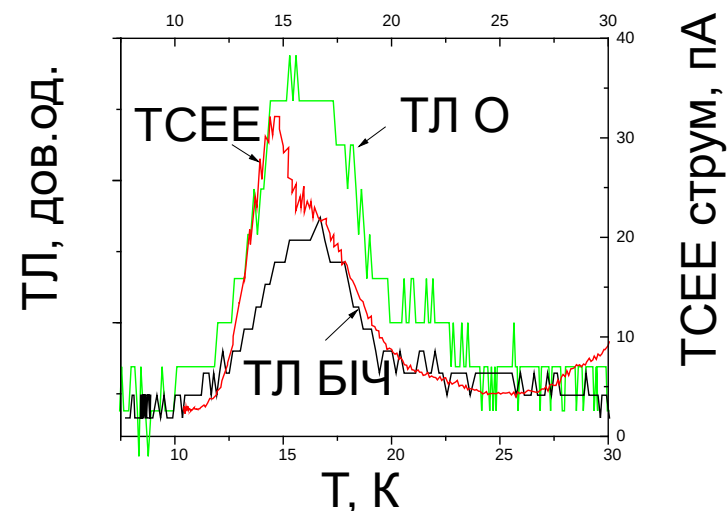
нова молекулярна серія випромінювання азоту спостерігалась як у спонтанній так і в стимульованій люмінесценції

Виходячи із співставлення з теорією (Т.Brinck) запропоновано віднесення нової серії до емісії **тетраазоту N₄**

Результати відносяться до матеріалу з високою енергетичною щільністю, є важливими для розуміння фізики космічних об'єктів та забезпечення безаварійної роботи прискорювачів



Термолюмінесценція ТЛ твердого азоту, опроміненого електронами



Поведінка релаксаційних емісій: ТСЕЕ, ТЛ БІЧ серії та ТЛ О атомів.

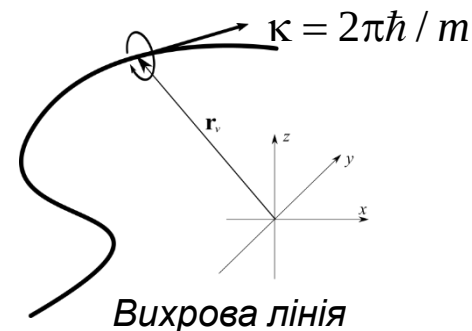


ЕЛЕКТРИЧНИЙ ЗАРЯД КВАНТОВАНИХ ВИХОРІВ ТА ВИХРОВИХ КІЛЕЦЬ У МАГНІТНОМУ ПОЛІ

А.М. Константинов, С.І. Шевченко. *Low Temp. Phys.* 49, 2023.

за наявності магнітного поля квантована вихрова лінія в надплинній рідині набуває лінійної зарядової густини.

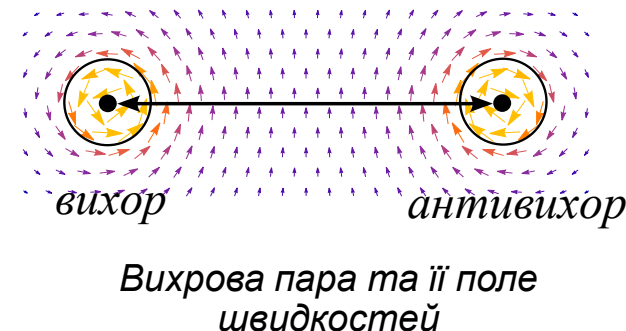
$$\rho_{pol} = -\frac{\alpha \rho_s}{mc} (\mathbf{H} \cdot \boldsymbol{\kappa}(\mathbf{r}_v)) \delta_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_v)$$



$$\lambda_{pol} = -\frac{\alpha \rho_s H}{mc} \kappa$$

у прямолінійного вихору **виникає поляризаційний заряд**, а у вихрової пари та вихрового кільця – **дипольний момент**

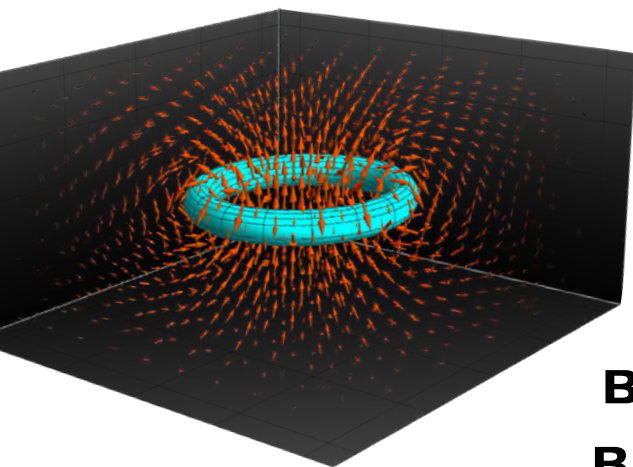
$$\mathbf{d}_{pair/ring} = \frac{\alpha}{mc} \mathbf{p}_{pair/ring} \times \mathbf{H}$$



за наявності відносного руху нормальної та надплинної компонент в системі термічно активованих вихрових пар (2D) або вихрових кілець (3D) **виникає поляризація рідини**

$$\langle \mathbf{P}_{pair/ring} \rangle \propto [\mathbf{w} \times \mathbf{H}]$$

вимірювання полів, пов'язаних з термічно активованими вихровими структурами, є ефективним інструментом для дослідження їх положення у системі



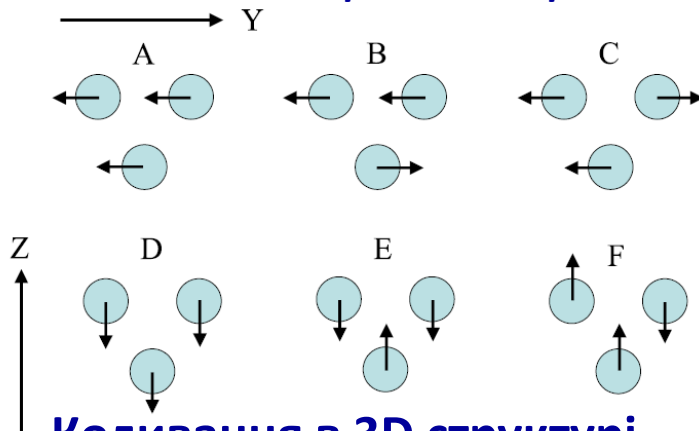
Вихрове кільце та його поле швидкостей



КОЛЕКТИВНІ КОЛИВАННЯ СИСТЕМ АТОМІВ КСЕНОНА У КАНАВЦІ МІЖ ДВОМА ВУГЛЕЦЕВИМИ НАНОТРУБКАМИ

В.Ю. Сивоконь, С.С. Соколов ФНТ, 49, 1263 (2023)

комп'ютерний експеримент



Проаналізовано створення структур Хе в канавках

Теоретично розраховано спектри коливань

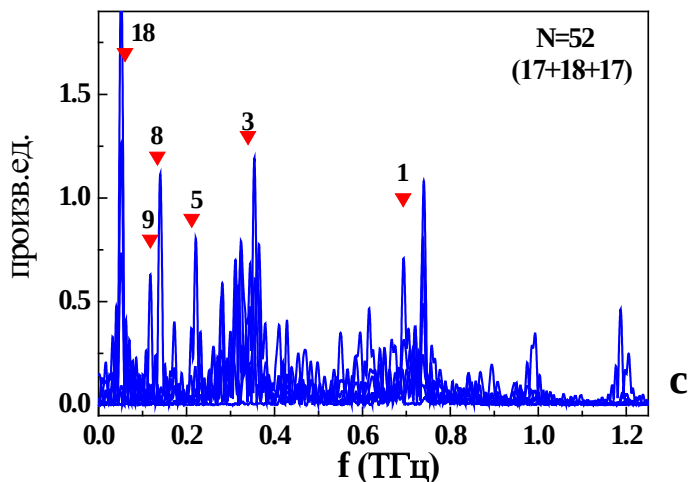
Коливання в 3D структурі

Спектри коливань визначено у модельному експерименті

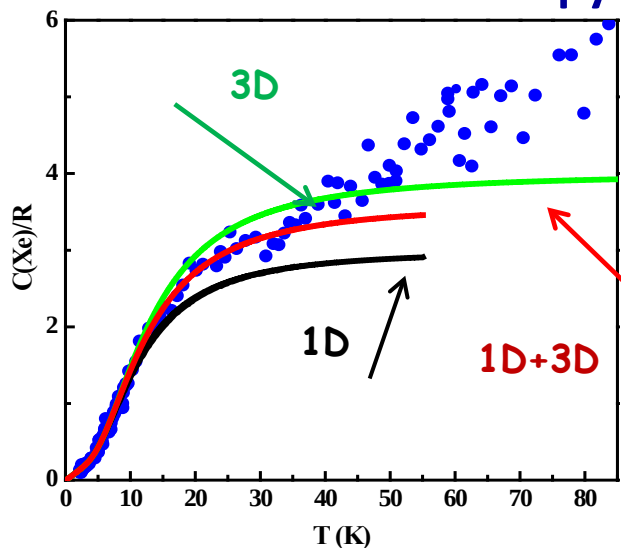
Показана можливість “торсіонних” мод коливань (B, E та F)

Розраховано теплоємність структур Хе та показано, що урахування нових мод коливань у 3D структурі дозволяє пояснити експериментальні дані при $T < 40$ К.

Формування упорядкованої структури у канавці



Спектр коливань
3D структури з атомів Хе

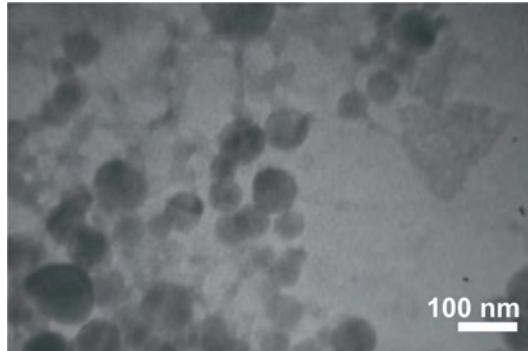


Порівняння розрахунку
теплоємності з експериментом



Температурна стабільність ДНК в наногібридах з наночастинками TiO_2

О.Ю. Гламазда, Є.Л. Усенко, А.Ю. Свідерська, В.О. Валєєв, В.О. Карачевцев
(*J. of Nanoparticle Research* 25, 113, 2023; *Colloid and Polymer Science* 12, 1388, 2024)

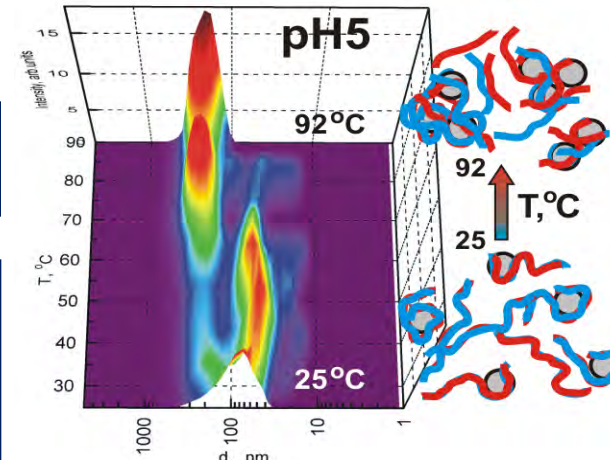


ТЕМ зображення наногібридів ДНК з TiO_2 вказує на агрегацію наногібридів.

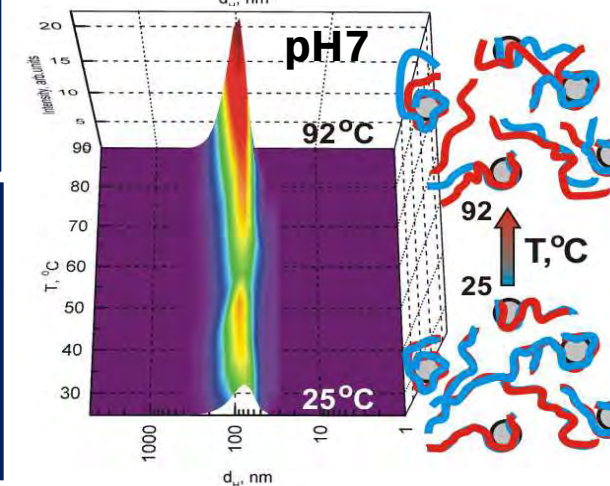
Зменшення температури плавлення T_m біополімера ДНК в наногібридах з TiO_2 при рН7 зі зростанням їх концентрації пов'язано з взаємодією азотистих основ з TiO_2 . Зростання T_m при рН5 обумовлена зв'язуванням негативно-зарядженого фосфатного остова ДНК з TiO_2 .

Зменшення поглинання світла (гіперхромного коефіцієнту) ДНК (на довжині хвилі 260 нм) при збільшенні концентрації наночастинок вказує на взаємодію між ними. При рН5 ця взаємодія зростає.

Вперше виявлено температурну стабільність 90 нм наногібридів природної ДНК з наночастинками TiO_2 у діапазоні (25 - 90 °C) та запропоновано механізм утворення їх агрегатів, пов'язаний з появою одониткових ділянок в ДНК адсорбованій на поверхні TiO_2 . Результати можуть бути використані при розробці новітніх методів ефективної доставки лікарських препаратів та комплексній терапії.



Температурно-залежний спектр світлорозсіяння наногібридів ДНК: TiO_2 при рН5 відображає динаміку агрегації наногібридів (діаметр збільшується від $d_h \approx 90$ нм до $d_h \approx 220$ нм) при збільшенні температури від 25 до 92 °C.



При рН7 агрегація наногібридів ДНК: TiO_2 не спостерігалась при збільшенні температури від 25 до 92°C. Середній діаметр наногібридів складає близько 98 нм.

