

***Фізико-технічний інститут
низьких температур
ім. Б.І. Веркіна НАН України***

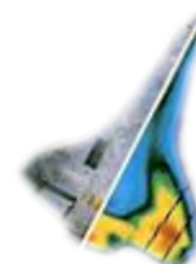
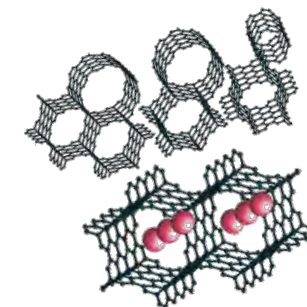
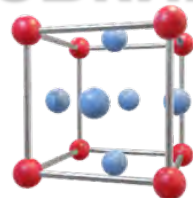




ОСНОВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

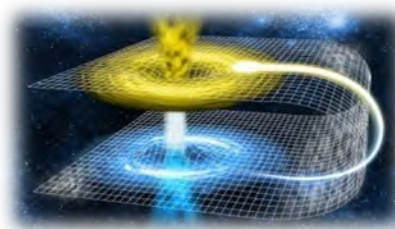
ФІЗИКА:

- 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

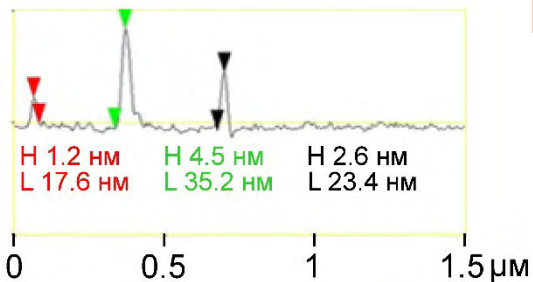
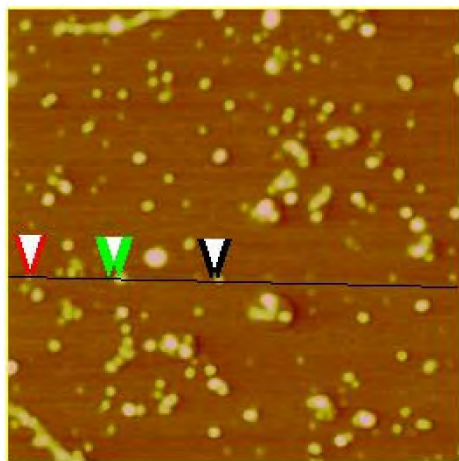




Люмінесцентні квантові точки MoS_2 в оточенні нуклеотидів: експериментальне та теоретичне дослідження

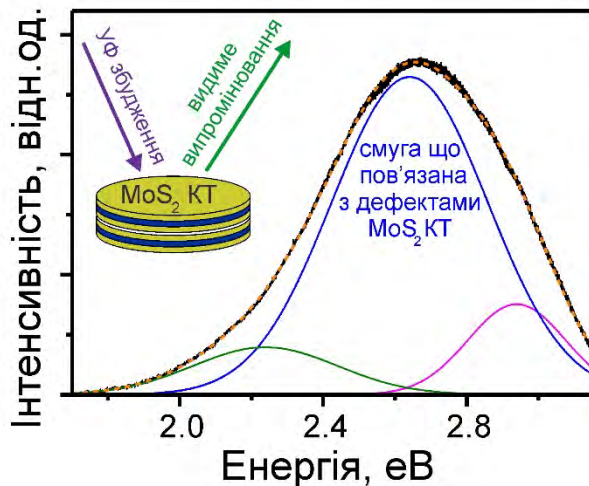
В.О. Карачевцев, М.В. Курносов, С.Г. Степаньян, І.М. Волошин, О.С. Литвин, А.М. Плехотніченко, Л. Адамович
(J. Nanopart. Res., 2024)

Зображення атомно-силової мікроскопії квантових точок MoS_2 в оточенні дАМФ.

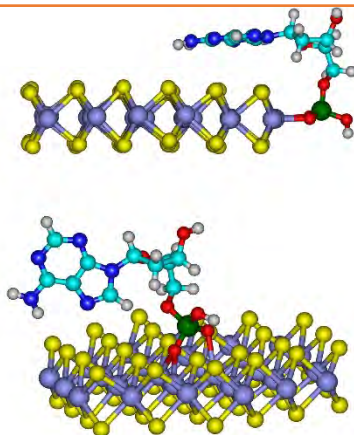


Вперше отримані квантові точки MoS_2 (MoS_2 КТ) в оточенні нуклеотиду дезоксиаденозин монофосфату (дАМФ). Товщина квантових точок (H) 1.2-4.5 нм, латеральні розміри (L) на порядок більше.

Спектр люмінесценції комплексів MoS_2 -дАМФ в водному середовищі

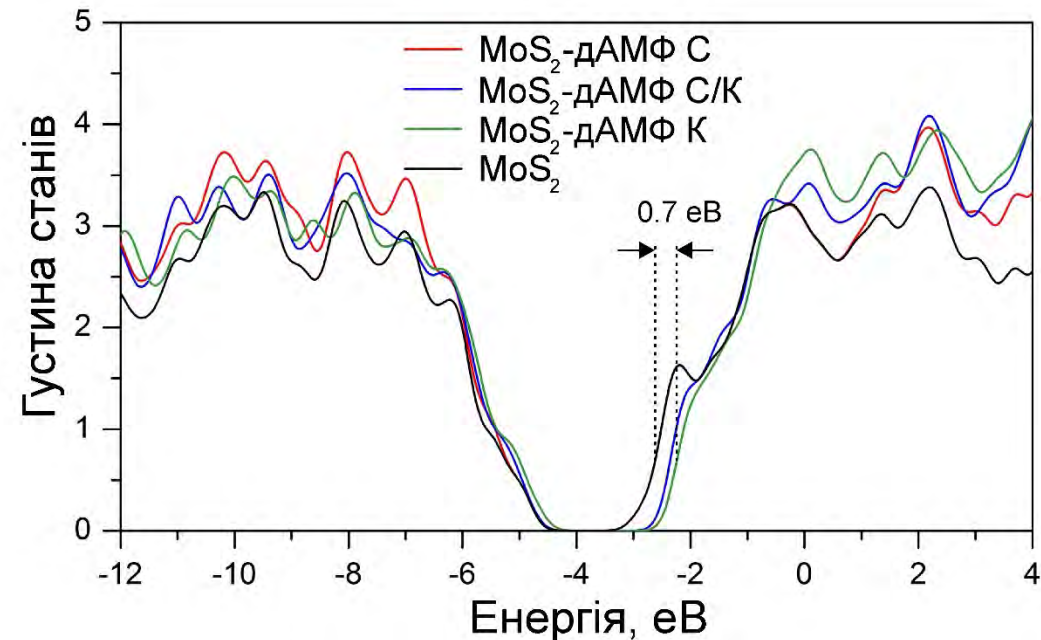


Зареєстрована люмінесценція квантових точок MoS_2 у видимому діапазоні.



Зв'язування дАМФ з крайовими атомами та дефектами MoS_2 . DFT розрахунки.

Розрахунки густини станів MoS_2 , стекінг та ковалентно зв'язаних комплексів з дАМФ (MoS_2 -дАМФ С/К, MoS_2 -дАМФ К).



• Встановлено значний вплив дефектів квантових точок MoS_2 на їх люмінесцентні властивості.

• З'ясовано, що нуклеотид дАМФ формує стабільні комплекси з квантовими точками MoS_2 за рахунок утворення координаційного зв'язку з атомами молібдену, розташованими на краях MoS_2 або в місцях дефектів (вакансії).

• Для ковалентно зв'язаних комплексів MoS_2 -дАМФ спостерігається значне збільшення заборонених зон (на $\sim 0,7$ eV).

• Ці знання можуть бути корисними в біомедицині для візуалізації живих тканин і при розробці біосенсорів.



Kinetics of the thermal decomposition of thermally reduced graphene oxide treated with a pulsed high-frequency discharge in hydrogen atmosphere

M.S. Barabashko, M. Drozd, A.V. Dolbin, R.M. Basnukaeva, N.A. Vinnikov.

(ФІЗИКА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР, 50(5), 403 – 407, 2024)

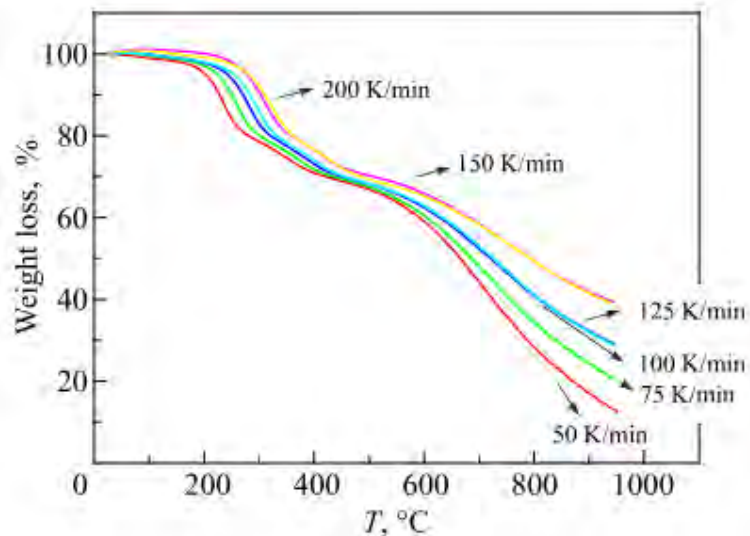


Рис. 1 – Зміна втрати ваги (%) для термічно відновленого оксиду графену TRGO при швидкості нагрівання 50 К/хв (червона крива), 75 К/хв (зелена), 100 К/хв (синя), 125 К/хв (аквамарин), 150 К/хв (рожева) і 200 К/хв (жовта).

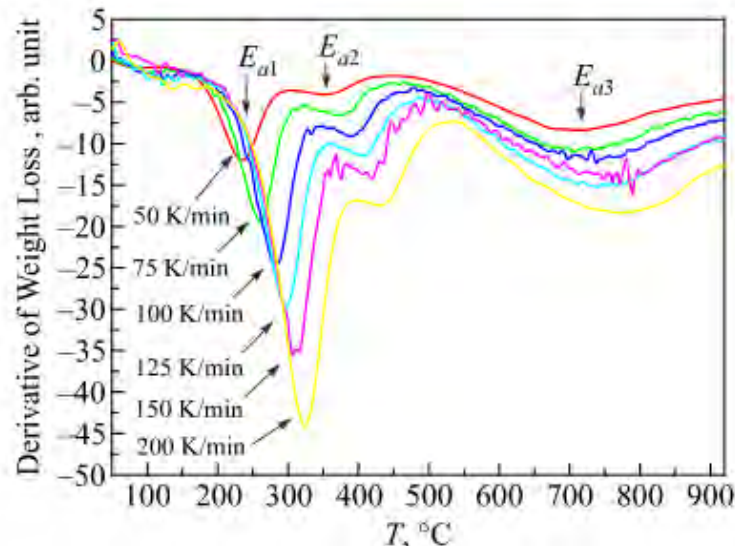


Рис. 2 – Крива DTG, записана під час нагріву TRGO зі швидкістю нагрівання 50 К/хв (червона крива), 75 К/хв (зелена), 100 К/хв (синя), 125 К/хв (аквамарин), 150 К/хв (рожева) і 200 К/хв (жовта).

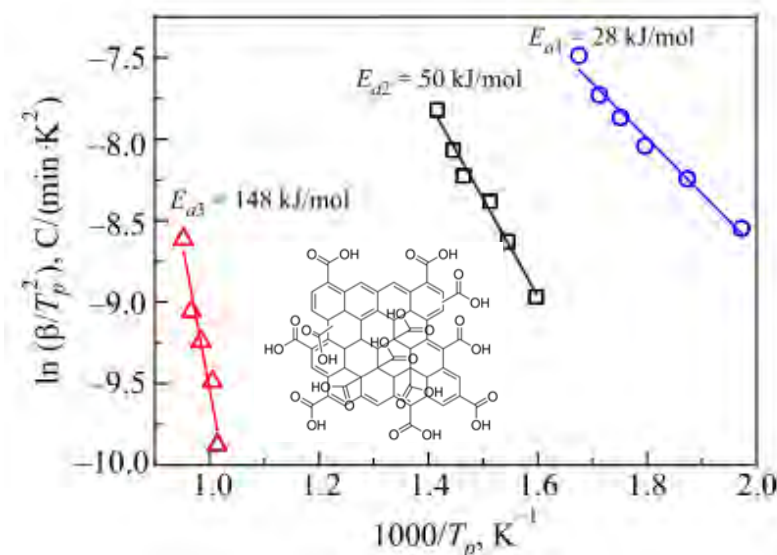


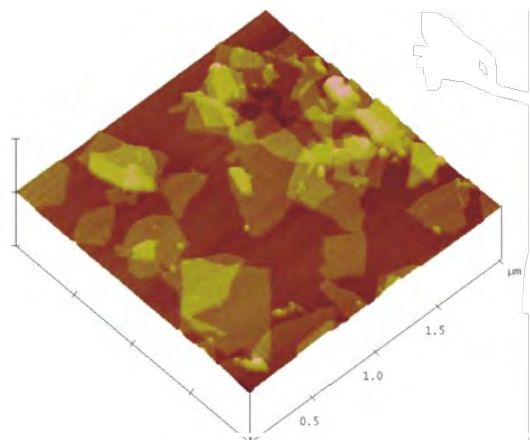
Рис. 3 – Графік залежності $\ln(\beta/T_p^2)$ від $1/T_p$ з експериментальними даних при швидкостях нагріву 50 К/хв, 75 К/хв, 100 К/хв, 125 К/хв, 150 К/хв і 200 К/хв для трьох кінетичних процесів у TRGO.

Плазмова обробка високочастотним імпульсним розрядом у середовищі водню є одним з ефективних методів, що використовують для модифікації властивостей термічно відновленого оксиду графену (TRGO). Це робить термічно відновлений оксид графену потенційно цікавим для застосування у енергетиці водню для вирішення енергетичних та екологічних проблем. Методом термогравіметричного аналізу визначено добру термічну стабільність при нагріванні до 1000°C термічно відновленого оксиду графену, обробленого імпульсним високочастотним розрядом в атмосфері водню (TRGO). Визначено енергії активації функціональних груп, приєднаних до TRGO під час обробки воднем, а саме: ангідридних функціональних груп, груп кето- та гідроксикислот та зв'язків C–H.

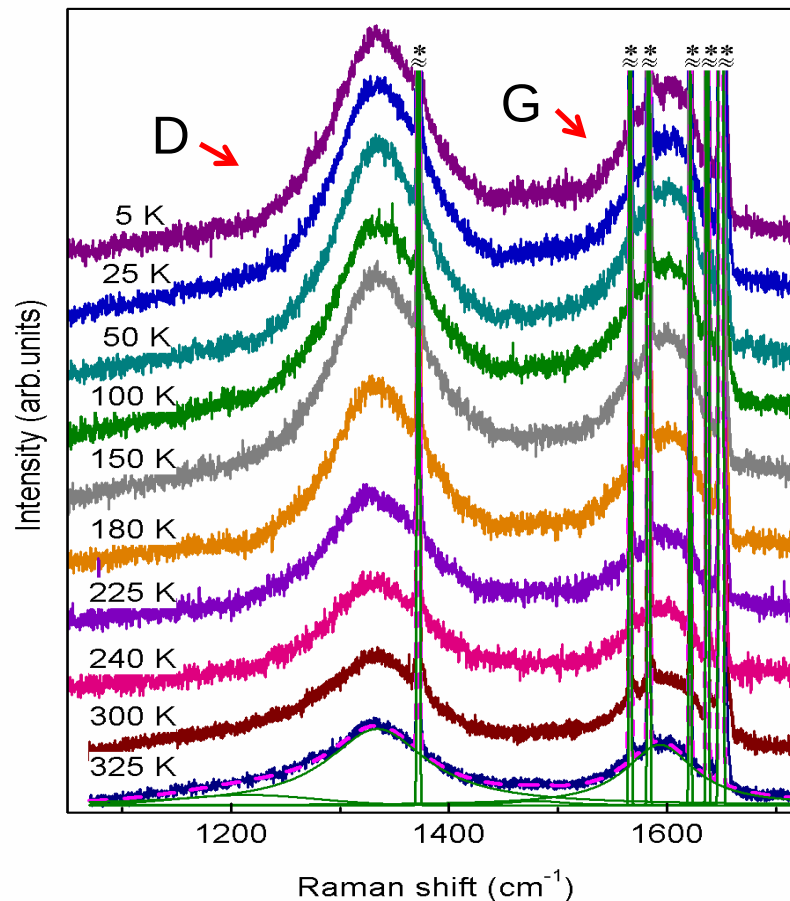


Раманівські дослідження структурних властивостей плівки оксиду графену

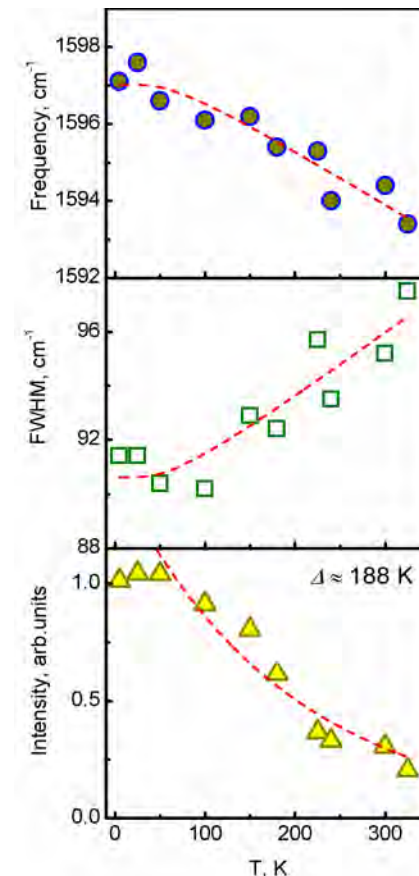
О.Ю. Гламазда, О.С. Лінник, В.О. Карачевцев (AIP Advanced 14, 025033, 2024)



Еволюція температурно-залежних раманівських спектрів шарів оксиду графену. Вузькі плазмові лінії, позначені зірочками використовувалися для калібрування спектрометра.



Температурна залежність положення, ширина та інтенсивність G моди.



3D Атомно-силове зображення шарів оксиду графену, адсорбованих на свіжосколотій слюді.

$$L_D^2 (nm)^2 = (1.8 \pm 0.5) \times 10^{-9} \lambda_L^4 \left(\frac{I_D}{I_G} \right)^{-1}$$

$$n_D (cm)^{-2} = \left(\frac{(1.8 \pm 0.5) \times 10^{22}}{\lambda_L^4} \right) \left(\frac{I_D}{I_G} \right)$$

Відстань між дефектами (L_D) та щільність дефектів (n_D), λ_L – лазерна довжина хвилі та співвідношення інтенсивностей D та G смуг - I_D/I_G

Вперше досліджено температурну еволюцію раманівських спектрів оксиду графену в діапазоні 5-325 K. Аналіз спектрів показав, що розподіл дефектів є неоднорідним і послідовні нашарування шарів оксиду графену у плівці утворюють нерегулярну 3D структуру. Виконана оцінка дефектності поверхні шарів: $L_D \sim 15$ нм, $n_D \sim 1,5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$.



Швидкі квантові логічні операції на основі переходів Ландау-Зінера-Штյюкельберга-Майорани (ЛЗШМ)

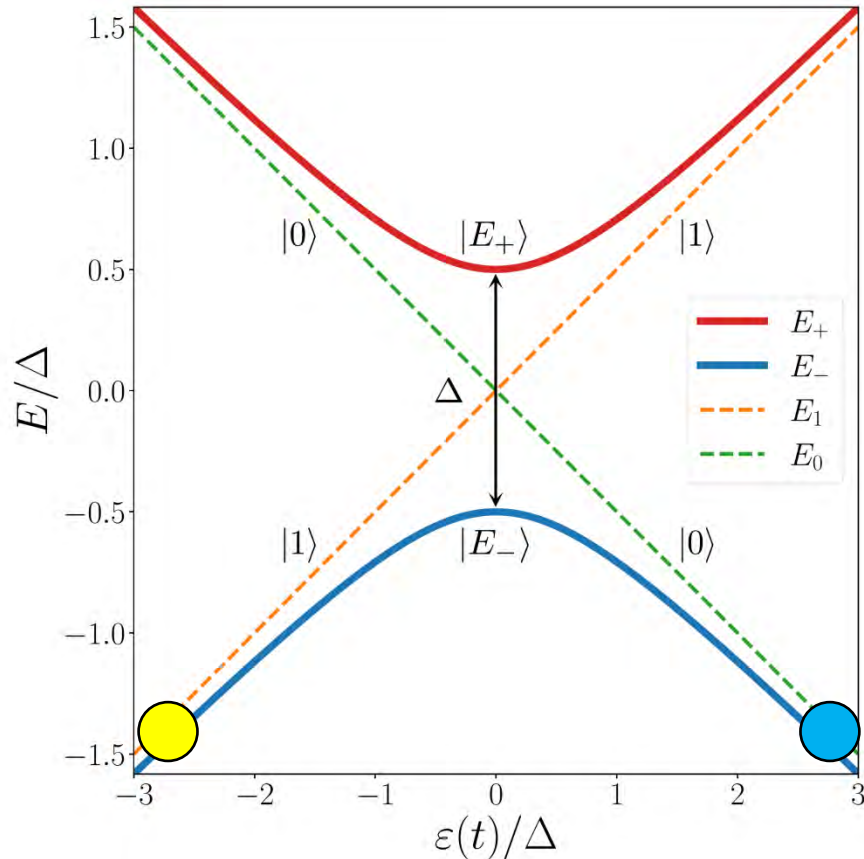
A.I. Ryzhov, O.V. Ivakhnenko, S.N. Shevchenko, M. F. Gonzalez-Zalba, and F. Nori, Phys. Rev. Research 6, 033340 (2024)

Кубіт = дворівнева система.

Збудження – це перехід зі стану $|E_- \rangle$ в стан $|E_+ \rangle$

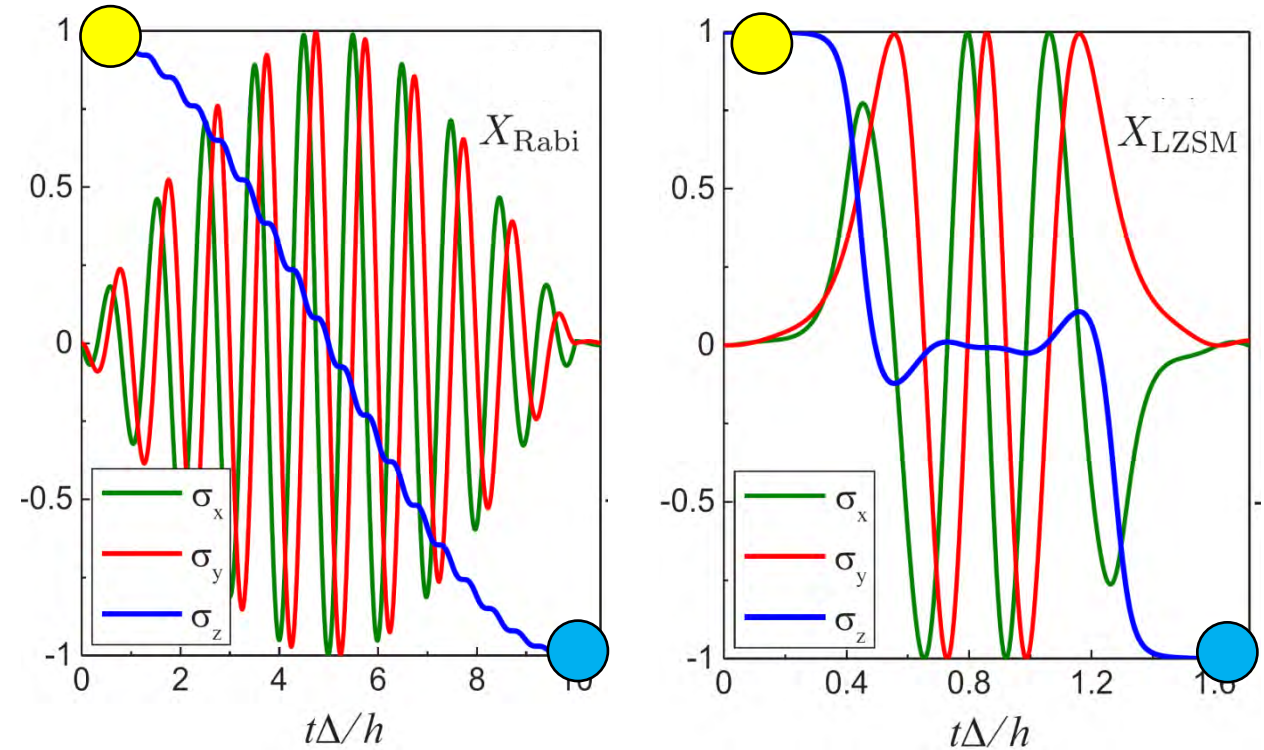
Логічна операція – це зміна стану із $|0 \rangle$ в $|1 \rangle$ і навпаки

Приклад: перехід із жовтого стану в блакитний – логічне НІ



Зазвичай, для логічних квантових операцій використовують резонансне збудження за механізмом осциляцій Рабі (зліва)

Ми запропонували та дослідили квантові логічні операції зі збудженням за механізмом ЛЗШМ (справа).



Було аналітично та чисельно досліджено одно- та дво-кубітні операції.

Показано, що логічні операції на основі переходів ЛЗШМ мають низку переваг (швидше, без резонансної умови і т.д.)

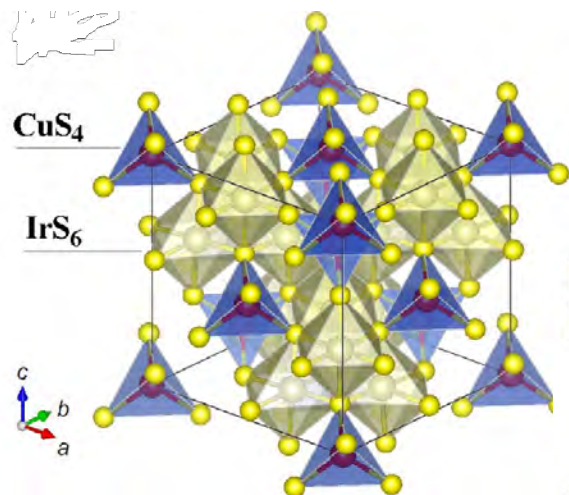


Зарядове упорядкування та димеризація магнітних спінів в шпінелі CuIr_2S_4 : дослідження динаміки кристалічної решітки та виявлення октамерних кореляцій

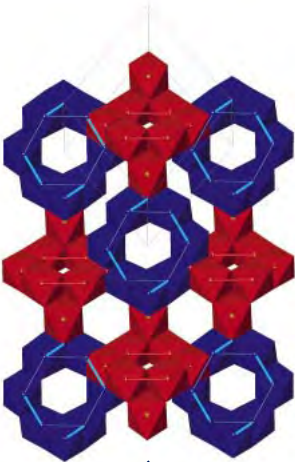
В.П. Гнезділов, О.Ю. Гламазда (*Physical Review Materials* 8, 095002, 2024)

Перехід метал-ізолятор (MI) при $T=230$ К

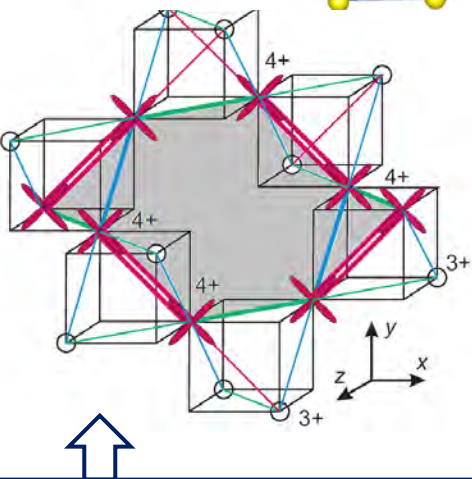
Симетрія низькотемпературної кристалічної структури $\rightarrow$?



Кристалічна структура шпінелі CuIr_2S_4 з F-центрованою кубічною елементарною коміркою ($Z = 8$).



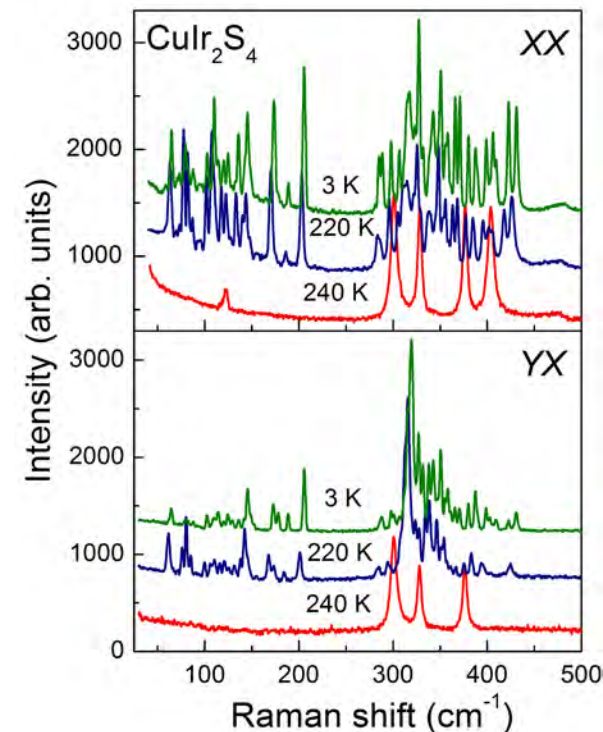
Схематичне зображення кристалічної структури CuIr_2S_4 при 50 К. Червоні та сині октаедри містять Ir^{3+} та Ir^{4+} відповідно. P.G. Radaelli, et al., *Nature* 416 (2002)



Зарядове та орбітальне впорядкування в CuIr_2S_4 . Октамер позначено сірим кольором. D. I. Khomski and T. Mizokawa, *PRL* 94 (2005)

Температурно-залежні раманівські спектри шпінелі CuIr_2S_4

$$\begin{aligned} Fd\bar{3}m &\rightarrow \Gamma_{\text{Raman}} = A_{1g} + E_g + 3T_{2g} \\ P\bar{1} &\rightarrow \Gamma_{\text{Raman}} = 84A_g \end{aligned}$$



✓ Виявлено, що кристалічна решітка, яка реалізується в магнітній шпінелі CuIr_2S_4 при MI переході з одночасним зарядовим впорядкуванням та спіновою димеризацією, має саме триклінну симетрію $P\bar{1}$. Це є важливим для утворення октамерів і орбітально-керованих спотворень Пайерлса.

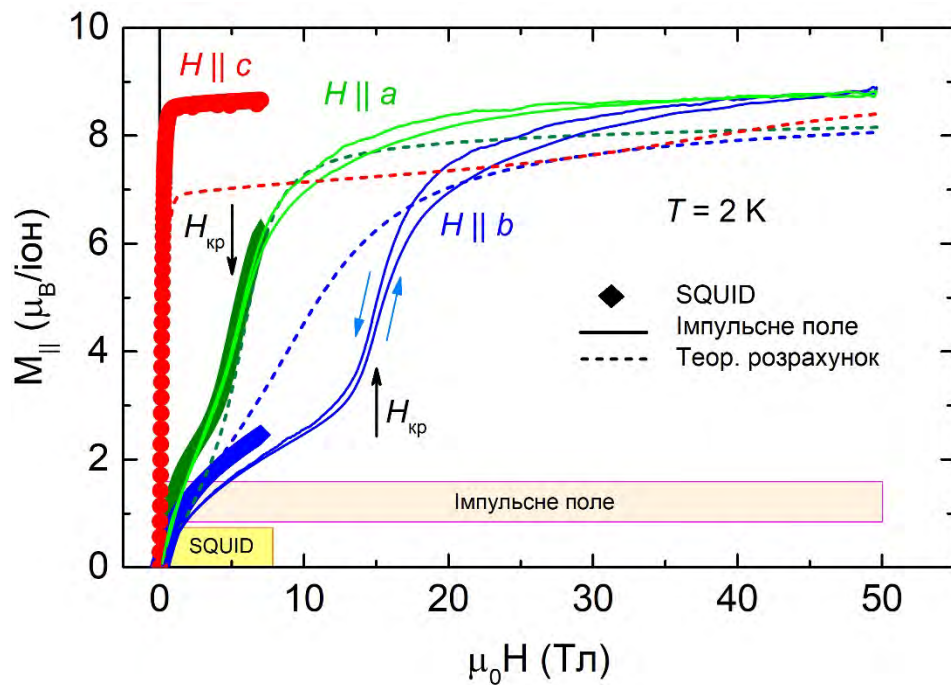
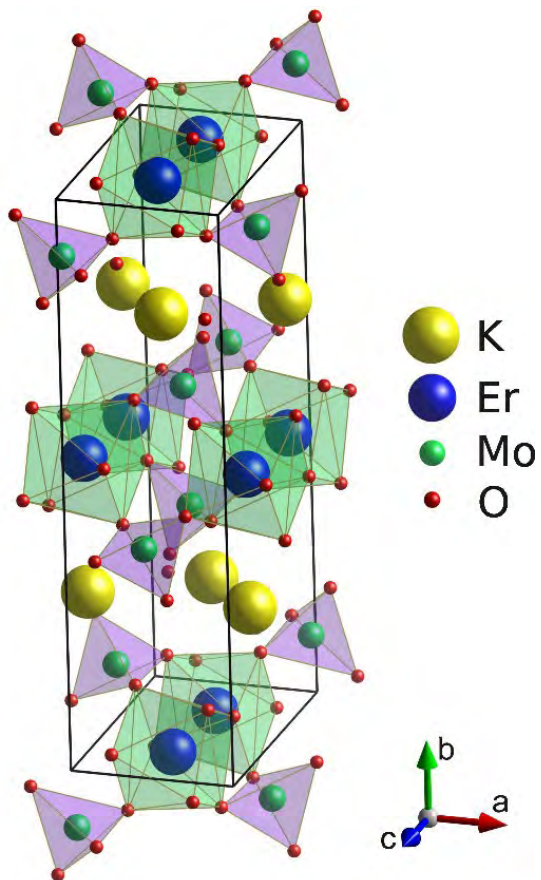
✓ Встановлено, що зарядове впорядкування і спінова димеризація та пов'язана з ними модуляція решітки можуть бути пригнічені за наявності домішок або вакансій на позиціях Ir.



Магнітні властивості парамагнітного магнітоеластика $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$

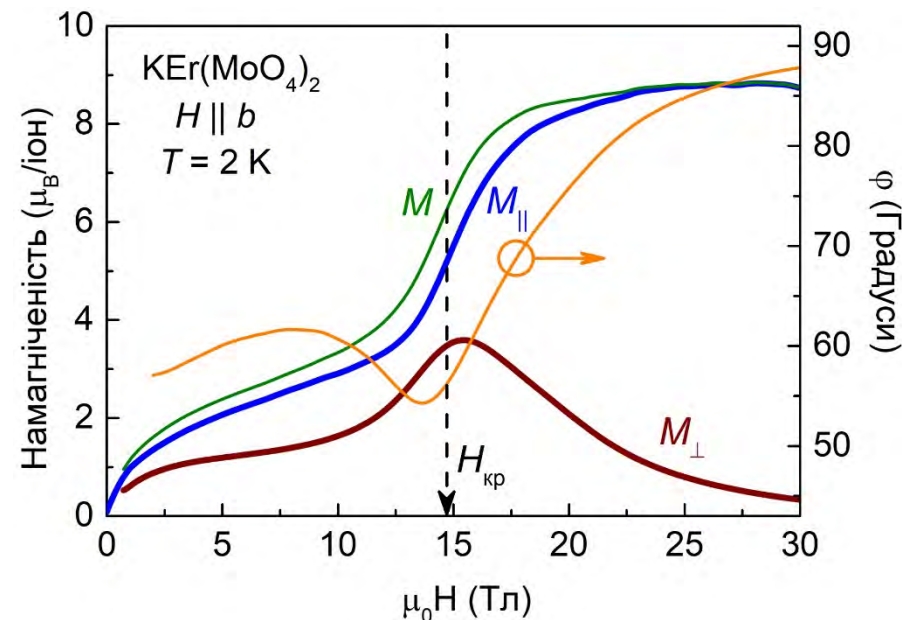
В сильному магнітному полі

Х.В. Кутько, В.М. Хрустальов та ін. (Phys. Rev. B, 2024)



Виявлено, що величини полів насичення на порядок нижче, ніж це очікувалось з *ab initio* розрахунків.

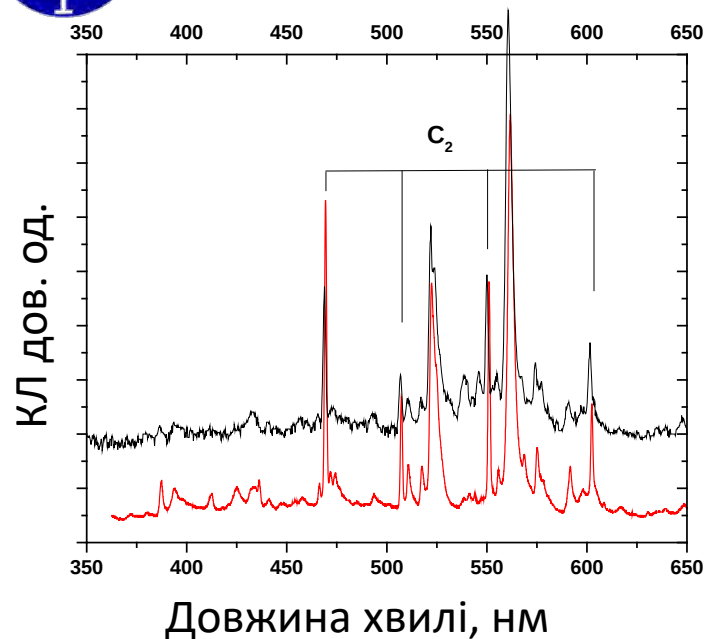
Визначено величину критичного магнітного поля $H_{\text{кр}} \sim 15$ Тл, в якому спостерігається аномальна поведінка компонент намагніченості та їх орієнтації відносно осі *c*. В цьому полі раніше був виявлений ефект гігантської магнітострикції.



Особливості поведінки намагніченості пояснені значними деформаціями кристалічної ґратки $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$ під впливом магнітного поля. Такі деформації призводить до змін не тільки магнітного моменту, але й анізотропії кристалу. Отримані дані є важливими для розкриття механізмів виникнення гігантської магнітострикції та можуть бути корисними для створення на базі цієї сполуки новітніх багатофункціональних матеріалів.



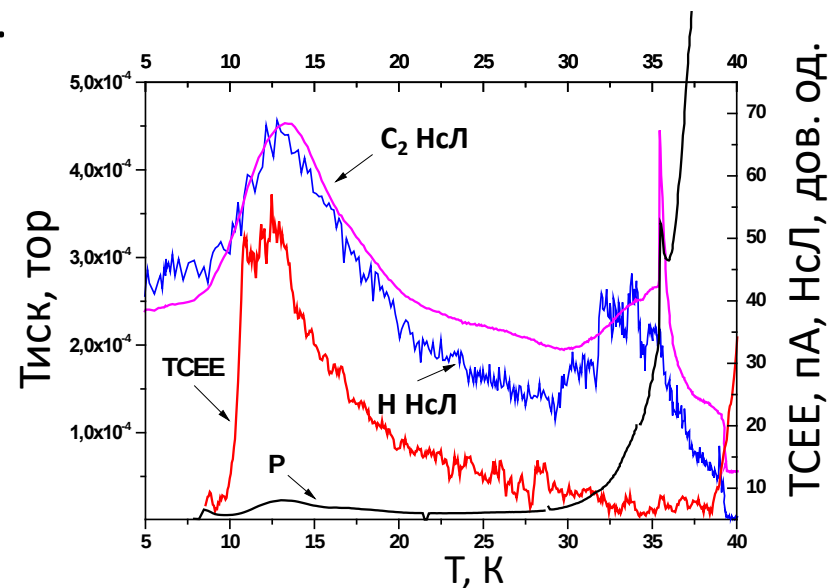
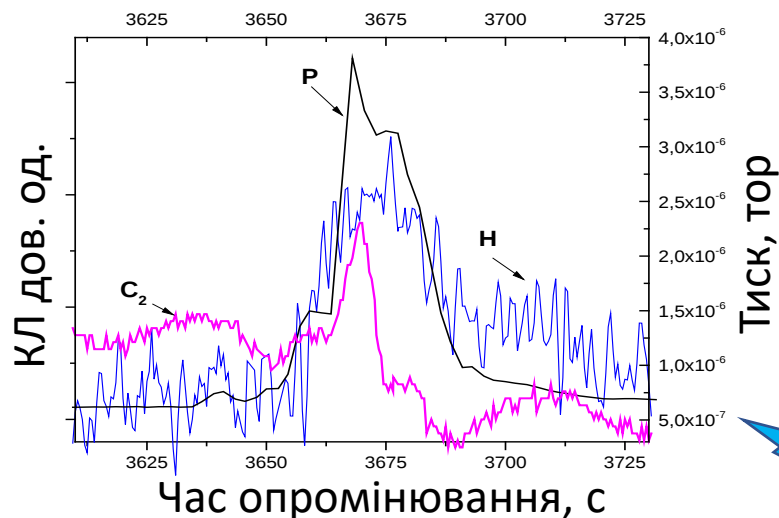
Електронно-стимульоване утворення молекулярного вуглецю в матриці аргону, допованой метаном.



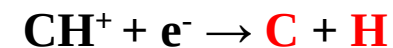
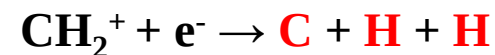
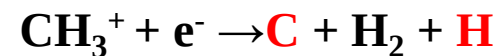
Спектри катодолюмінесценції невідпаленого і відпаленого зразків CH₄:Ar.

Перехід d ³ Π _g → a ³ Π _u	Довжина хвилі, нм
1 – 0	470.4
1 – 1	509.2
1 – 2	554.3
1 – 3	607.4

Вперше зареєстровано електронно-стимульоване утворення молекулярного вуглецю в матриці аргону, яку доповано метаном, та доведено, що вирішальну роль у цьому процесі відграють реакції нейтралізації іонізованих продуктів дегідрування метану. Результати є важливими для астрофізичних досліджень, космічної галузі та забезпечення безаварійної роботи криогенних модераторів нейтронів.



Кореляція нестаціонарної люмінесценції з термостимульованою емісією електронів доводить утворення атомів С і Н в реакціях:



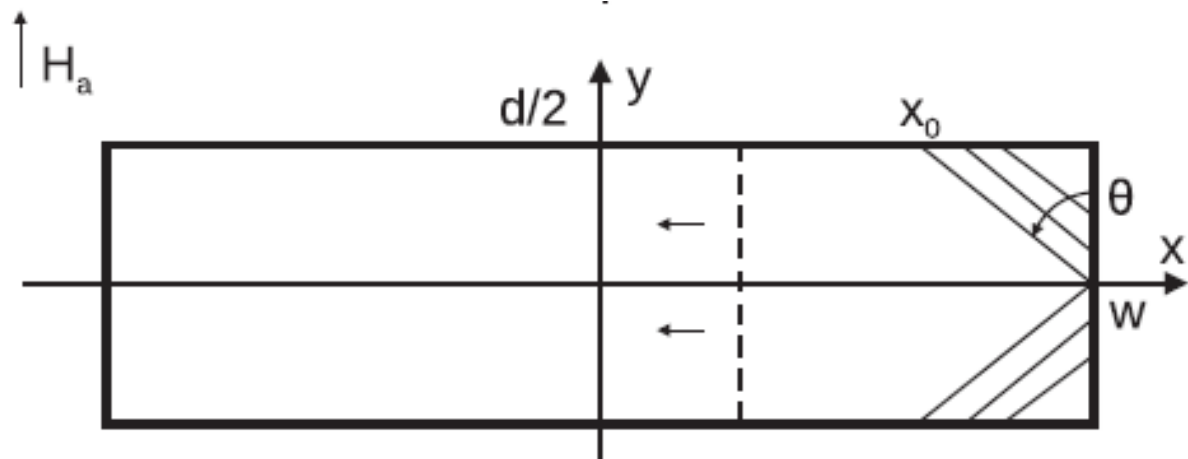
з їх подальшою рекомбінацією і утворенням молекул C₂ і H₂.

Затримана десорбція, стимульована рекомбінацією атомів.



Нові можливості вимірювання лондонівської глибини проникнення магнітного поля у надпровідники

Г.П. Микитик, Ю.В. Шарлай (Phys. Rev. B, 2024)



Завдяки геометричному бар'єру поле проникнення магнітного

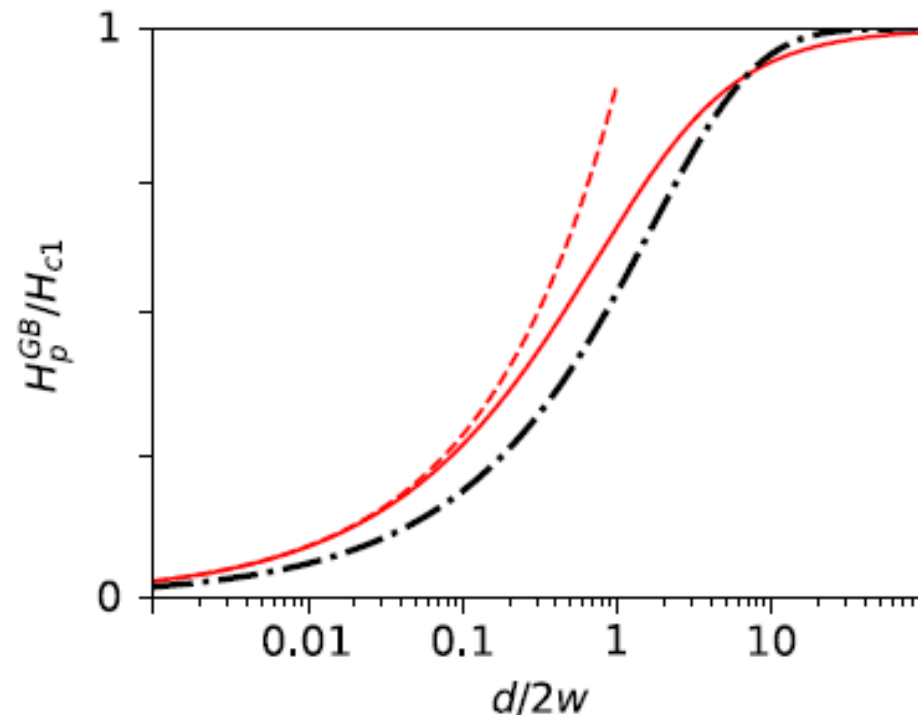
потіка H_p в надпровідник прямокутного перерізу не збігається з

нижнім критичним полем $H_{c1} = \frac{\Phi_0}{4\pi\lambda^2} \ln \kappa$, де $\kappa \approx \text{const.}$

Φ_0 - квант потоку, λ - лондонівська глибина проникнення,

У роботі при довільному значенні $(d/2w)$ знайдено зв'язок нижнього

критичного поля з полем проникнення магнітного потоку в зразок, яке вимірюється в експериментах.



Червона суцільна лінія – точний результат H_p^{GB} для

Червона штрихова лінія $H_p^{GB} \approx 0.9 \sqrt{\frac{d}{2w}} H_{c1}$

– випадок $(d/2w) \ll 1$: Штрих-пунктирна лінія – емпірична формула

Е.Н. Brandt (1999):

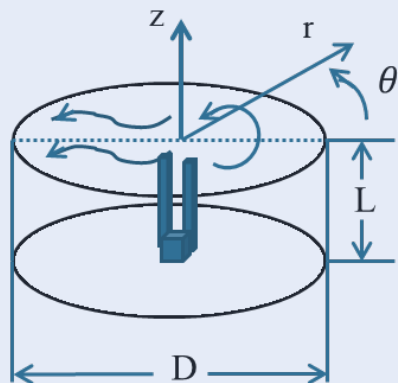
$$\frac{H_p^{GB}}{H_{c1}} \approx \tanh \left(\sqrt{0.36 \frac{d}{2w}} \right)$$



Вплив акустичних мод на резонансні властивості кварцового камертона, зануреного в надплинний ^4He та рідкі суміші $^3\text{He} - ^4\text{He}$

В.К. Чаговець, В.Ю. Сивоконь, С.С. Соколов, ФНТ, 50, 973 (2024)

Розрахунок частот резонансних мод першого звуку



$$f_{l,m,n} = \frac{c_1}{2\pi} \sqrt{\xi_{l,m}^2 + \left(\frac{n\pi}{L}\right)^2}$$

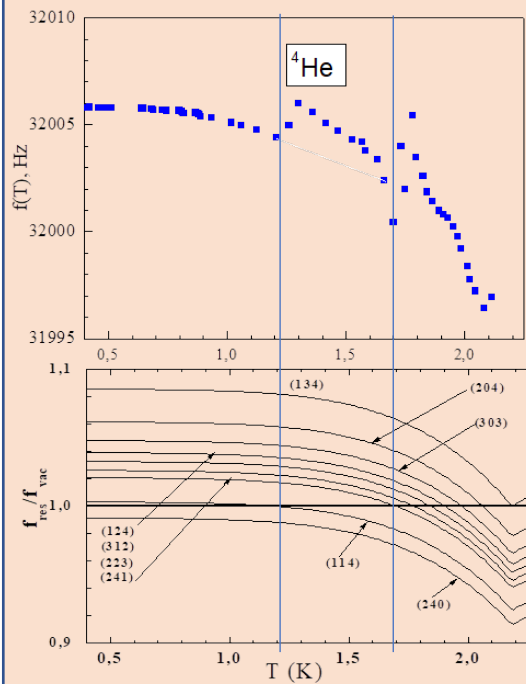
вираз для резонансних частот; l, m, n цілі числа.

$\xi_{l,m}$ - чисельний параметр, що визначається коренем рівняння

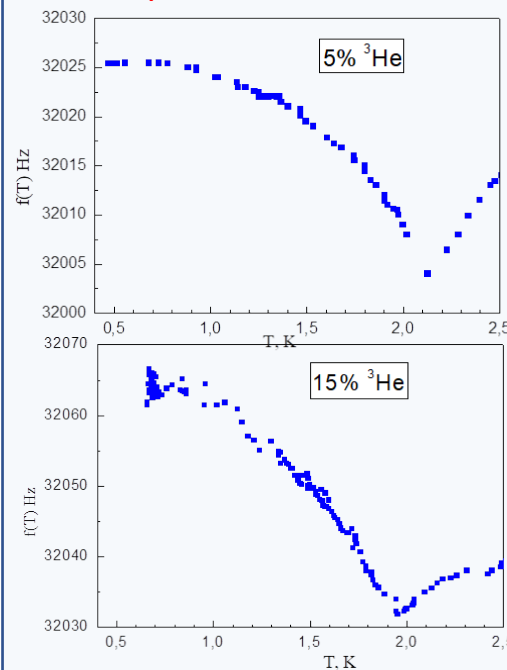
$$\frac{J_m(\xi_{l,m} R)}{J_{m+1}(\xi_{l,m} R)} = \frac{\xi_{l,m} R}{m+1}$$

де $J_i(x)$ - функція Бесселя

Зв'язок особливостей залежності $f(T)$ з акустичними модами першого звуку



Температурні залежності частот резонансів камертона в розчинах ^3He в ^4He



Висновки

Вперше експериментально показано, що резонансні явища в надплинних ^4He та розчинах ^3He в ^4He , досліджені за допомогою зануреного кварцового камертону, суттєво залежать від акустичних процесів в самому гелії та від його ізотопного складу.

Експериментально отримано температурні залежності частот резонансів кварцового камертона при коливаннях в надплинних ^4He та розчинах ^3He в ^4He .

Розраховано радіальні, тангенціальні та поздовжні (в напрямку осі циліндричної комірки) резонансні моди першого звуку - коливання щільності рідини. Показано, що кількість мод залежить від розміру комірки.

Показано, що при збігу частоти резонансу камертону і частоти стоячої хвилі першого звуку виникає зв'язок коливань, що призводить до спотворення форми резонансної лінії та резонансної частоти.

Власні частоти циліндричного резонатора з $R = 1,1$ см, $L = 1$ см (а) та $R = 0,14$ см, $L = 0,8$ см (б)

