Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Вєркіна

2019

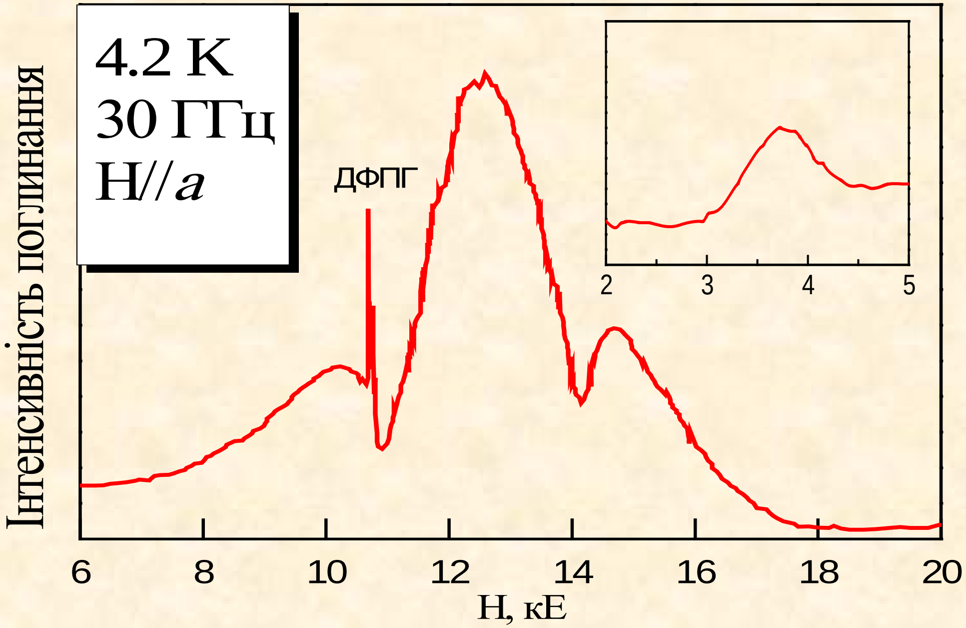
Прояв спінових кореляцій в монокристалі $ErAl_3(BO_3)_4$

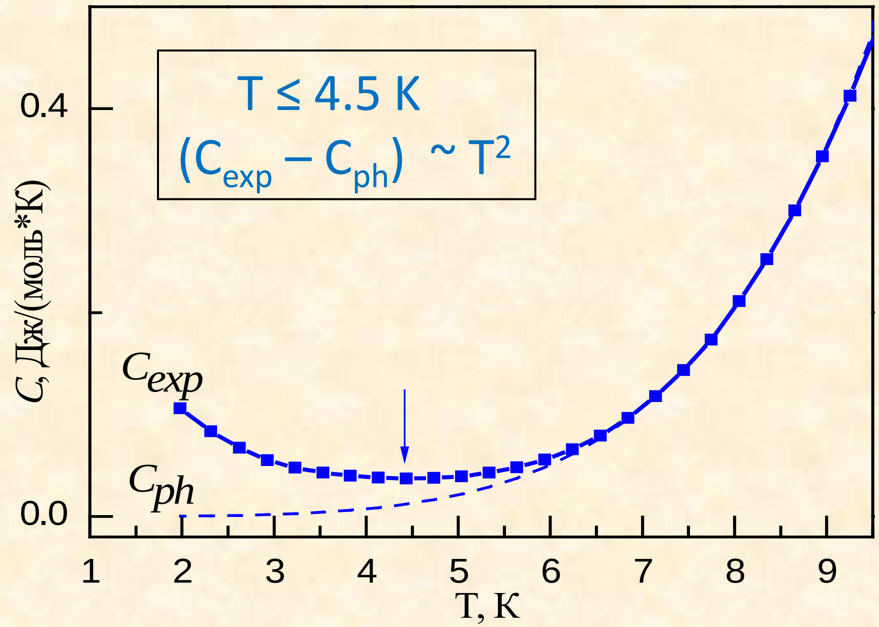
акад. НАН України С.Л. Гнатченко, В.А. Бєдарєв,
Д.М. Меренков, М.І. Кобець

Вперше виявлено існування магнітних кластерів у парамагнітному бораті $ErAl_3(BO_3)_4$ при гелієвих температурах. Появу близького магнітного порядку підтверджено:

А) спостереженням спектрів електронного спінового резонансу (триплетна структура основної та слабка додаткова лінія)

Б) наявністю магнітного вкладу в низькотемпературну питому теплоємність (принципова різниця між питомою теплоємністю та гратковим вкладом при T ≤ 4.5 K)



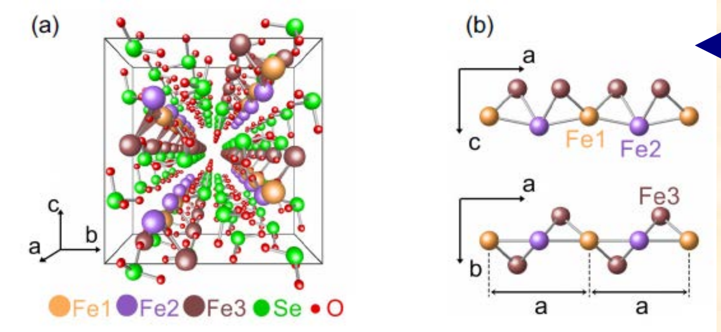


Одержані результати розширюють діапазон можливостей використанння цих рідкісноземельних алюмоборатів як перспективних функціональних матеріалів з магнітоелектричними та нелінійними оптичними властивостями.

Динаміка спінових хвиль в низькорозмірних антиферомагнетиках $Fe_2O(SeO_3)$ і Mn_2OBO_3

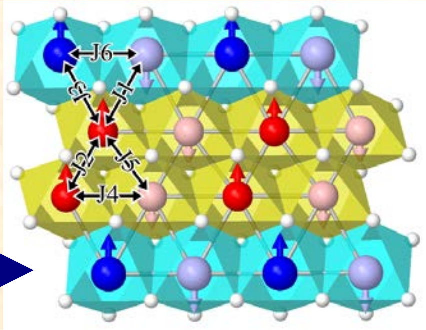
V. P. Gnezdilov, Yu. G. Pashkevich, V. S. Kurnosov

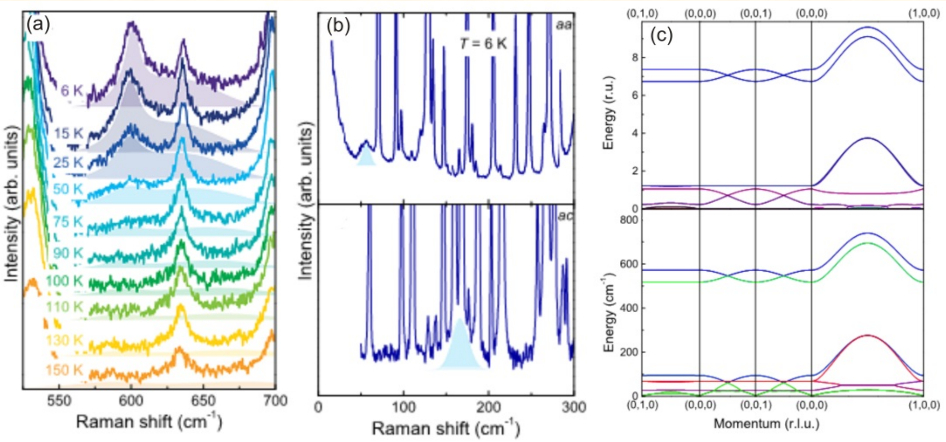
Вперше в низькорозмірних антиферомагнетиках $Fe_2O(SeO_3)_2$ та Mn_2OBO_3 виявлена та проаналізована сепарація магнітних мод, серед яких присутні плоскі, не диспергуючі. Така властивість найбільш важлива для застосування подібних сполук в приладах магноніки (Phys. Rev. B, 99, 0644123 (2019), ФНТ, 45, No. 9, 1223 (2019)).



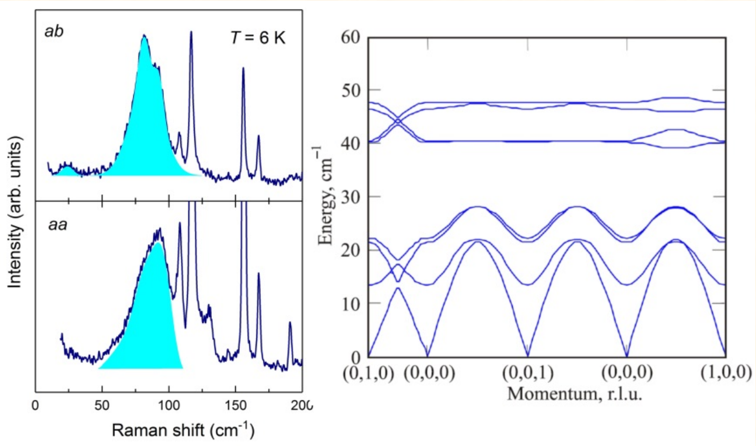
Кристалічна структура $Fe_2O(SeO_3)_2$ (a) із пилкоподібним розташуванням іонів Fe^{3+} в ланцюжках (b).

Кристалографічна та магнітна структура стрічки в Mn_2OBO_3.





Двохмагнонні збудження в раманівських спектрах $Fe_2O(SeO_3)_2$ за участю високоенергетичних (a) та за участю високоенергетичних та низькоенергетичних недиспергуючих магнонних гілок (b). (c) Розрахована спін-хвильова дисперсія в $Fe_2O(SeO_3)_2$.

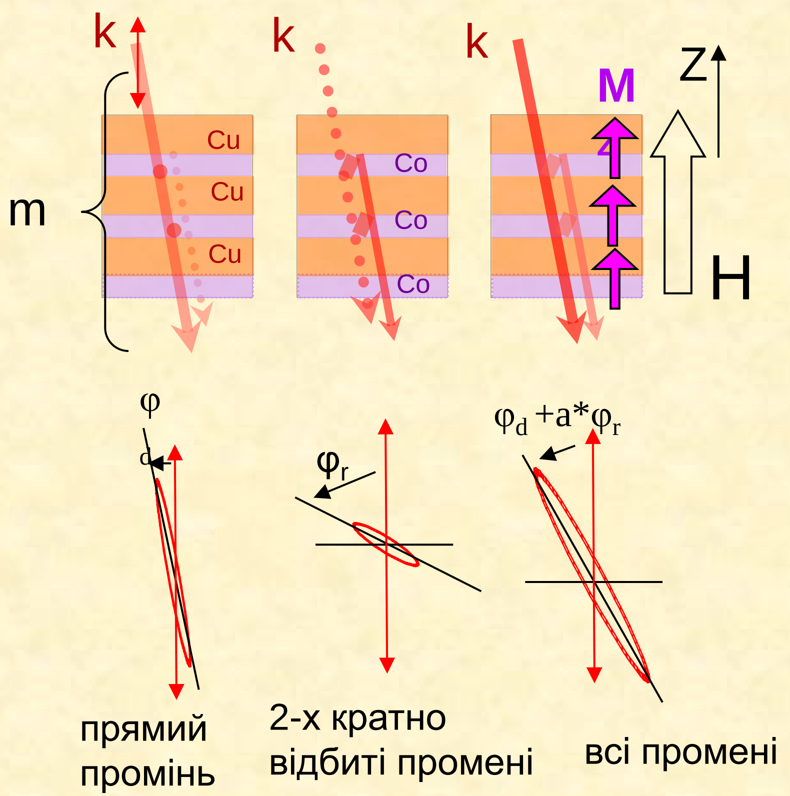


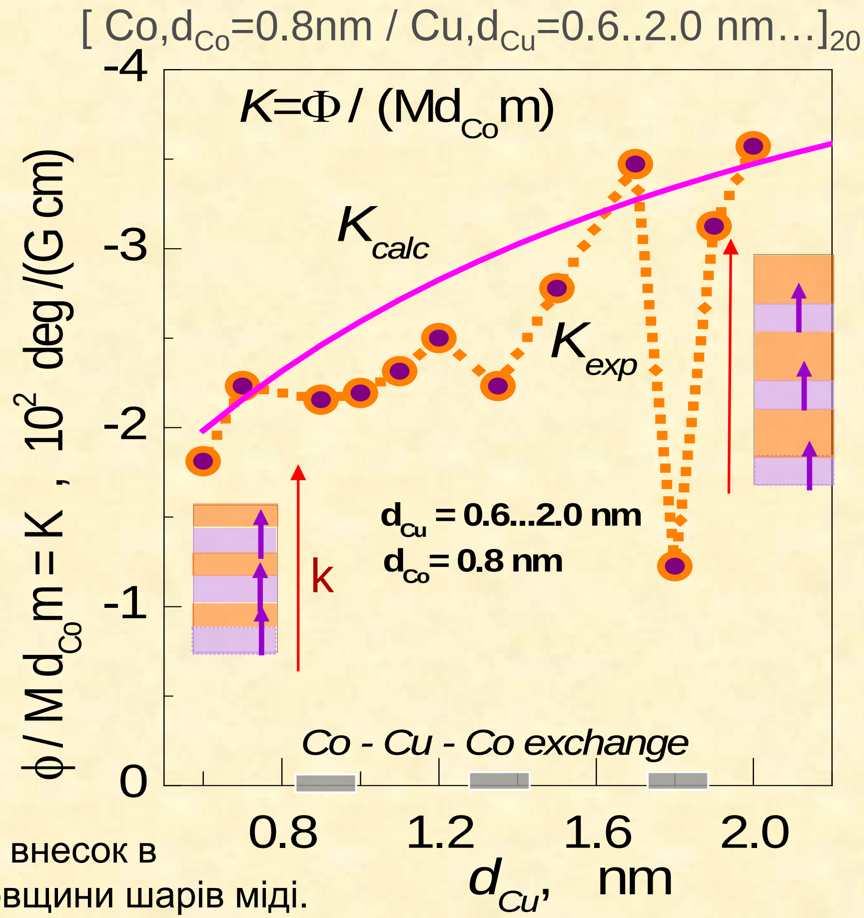
Двохмагнонні збудження в раманівських спектрах Mn_2OBO_3 (a). Розрахована спін-хвильова дисперсія в Mn2OBO3 (b).

Експериментально встановлено існування розмірного магнето-оптичного ефекту: підсилення ефекту Фарадея в багато-шарових наноплівках “феромагнітний / нормальний метал” при збільшенні товщини шарів магнето-оптично неактивного металу

І.М. Лукієнко, М.Ф. Харченко *(подано до друку в МММ,)*

На прикладі багатошарових наноплівок **$[Co/Cu]_m$** експериментально показано, що коефіцієнт пропорційності між кутом Фарадеєвого обертання і намагніченістю шарів кобальту K=φ/M збільшується із збільшенням товщини магнето-оптично неактивних шарів міді **d_{Cu}**



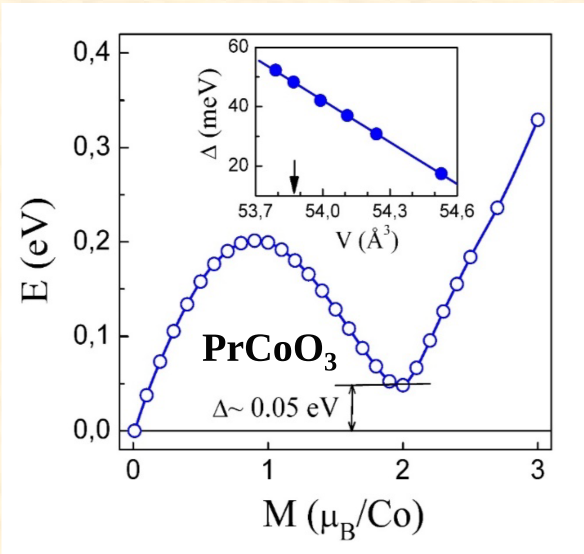


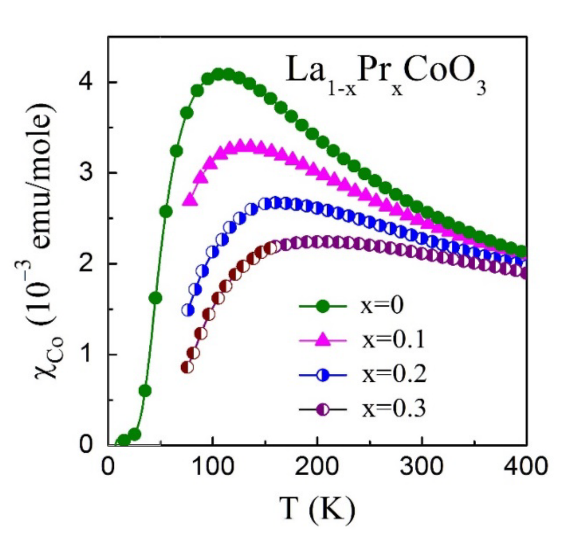
Інтенсивність відбитого інтерфейсами Co/Cu світла і її внесок в фарадеєве обертання збільшується із збільшенням товщини шарів міді.

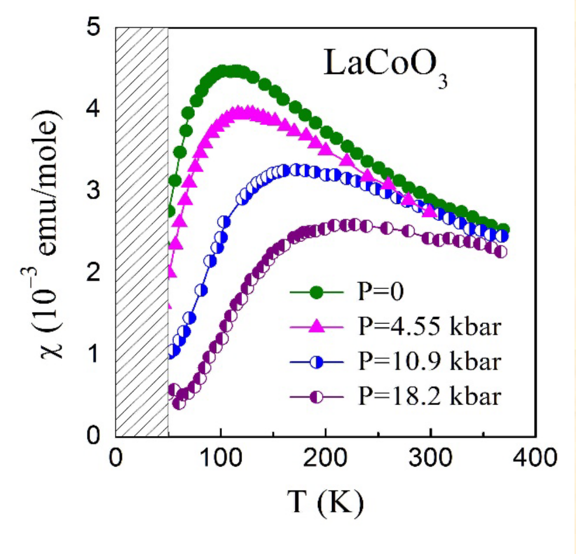
Гіперчутливість спінового стану іонів Co^{3+} в сполуках $RCoO_3$ до всебічного тиску

А.С. Панфілов, Г.Є. Гречнєв, А.А. Легенька, В.О. Пащенко

Значна залежність фізичних властивостей сполук $RCoO_3$ від міжатомних відстаней пов'язана з проявом явища спін-кросовера – зміною спінового стану іонів Co^{3+} при зміні об'єму кристалічної решітки під впливом зовнішнього тиску, хімічного стиснення, або термічного розширення. Головним джерелом такої поведінки є аномально висока об'ємна залежність щілини Δ між енергіями основного і збудженого спінових станів іонів кобальту, що відповідають значенням спіну *S* = 0 і *S* = 1.

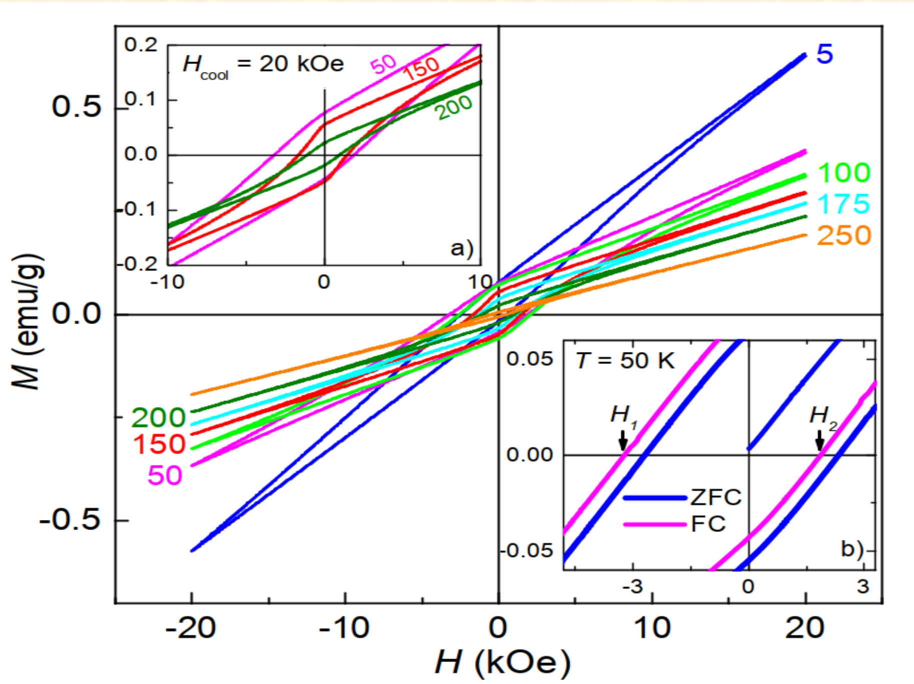


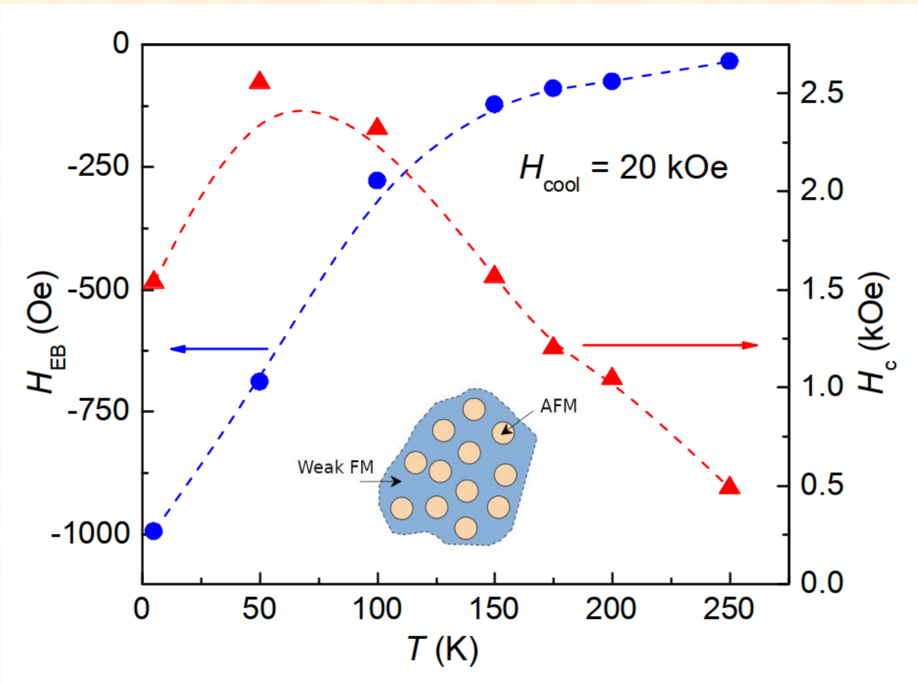




Обмінний зсув петель гістерезису в мультифероїках на основі BiFeO3

О.Л. Фертман, О.В. Федорченко, В.О. Десненко





Вперше виявлено існування нано-розмірного спонтанного магнітного розшарування у новітнього мультифероїка $BiFe_{0.5}Sc_{0.5}O_3$ при низьких температурах. Свідоцтвом цього є відкриття обмінного зсуву петель гістерезису, керованого магнітним полем та температурою. Явище відкриває перспективу практичного використання в електроніці матеріалу, який до цього вважався однофазним слабким феромагнетиком.

AIP Advances (буде опубліковано в 2020 р.)

Керовані магнітним полем топологічні переходи у не центральносиметричному енергетичному спектрі двовимірного електронного газу з спін-орбітальною взаємодією Рашби–Дресселхауса

І.В. Козлов, Ю.О. Колесніченко (Phys. Rev. B, V.99, 085129, 2019)

Досліджено еволюцію топології енергетичного спектру $\epsilon(\mathbf{k})$ двовимірного електронного газу з комбінованою спін – орбітальною взаємодією (СОВ) у зовнішньому магнітному полі **h**. **Доказано існування двох критичних магнітних полів**, h_1 і h_2, що залежать від констант СОВ Рашби (α) і Дресселхауса (β) та напрямку поля φ_h:

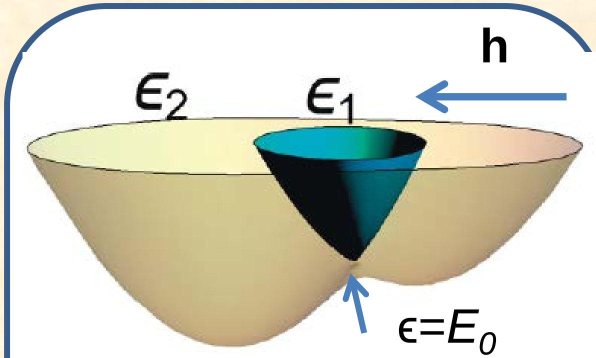


Рис. *Енергетичний спектр системи має дві гілки ϵ_1 і ϵ_2, що торкаються у точці E_0*

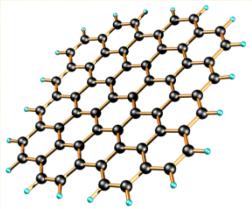
$h_{c2}= h_{c2}(\alpha,\beta,\varphi_h)$ - магнітне поле, при якому з'являється мінімум (min) першої гілки спектру $\epsilon_1=E_0$ та одночасно зникає сідлова (sad) точка гілки спектру ϵ_2.

$h_{c1}= h_{c1}(\alpha,\beta,\varphi_h)$ – магнітне поле, при якому відбувається «аннігіляция» одного з мінімумів (min) з сідловою (sad) точкою другої гілки спектру ϵ_2.

$h_{c1}<h_{c2}$	$h<h_{c1}<h_{c2}$ **2 min, 2 sad**	$h_{c1}<h<h_{c2}$ **1min, 1 sad**	$h_{c1}<h_{c2}<h$ **2 min**
$h_{c1}>h_{c2}$	$h<h_{c2}<h_{c1}$ **2 min, 2 sad**	$h_{c2}<h<h_{c1}$ **3min, 1 sad**	$h_{c2}<h_{c1}<h$ **2 min**

Отримані результати відкривають можливість магнітного керування кінетичними та термодинамічними характеристиками двовимірних провідних систем та можуть бути основою новітніх елементів наноелектроніки.

«Створення та дослідження нових модифікованих графенових наносистем та нанокомпозитів з підвищеними експлуатаційними характеристиками»

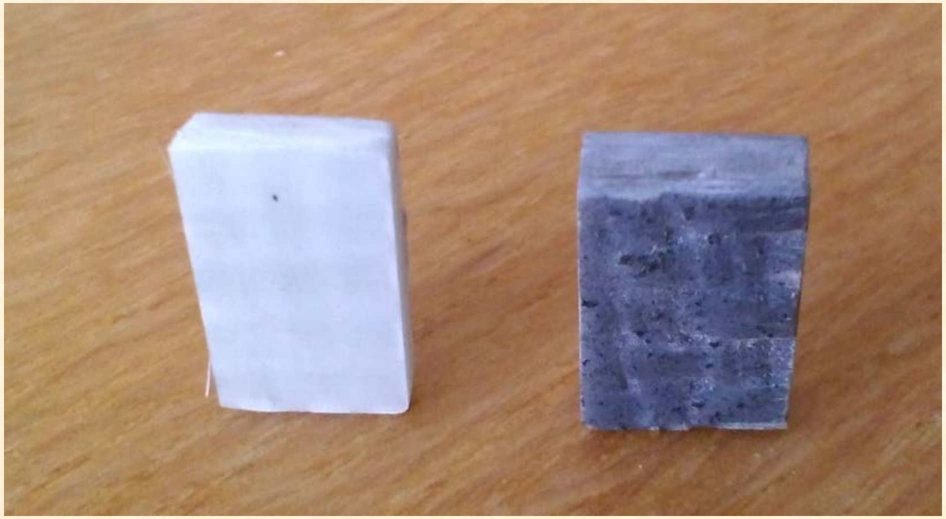


(за програмою КПКВК 6541230)

О.В. Долбин, М.А. Вінніков, В.Б. Єсельсон, В.Г. Гаврилко, Р.М. Баснукаєва, А.І. Прохватілов, В.В. Мелешко, Л.С. Фоменко, Г.В. Русакова, С.В. Лубенець

Створені нанокомпозити на основі полімерних матриць зі включенням термічно відновленого модифікованого оксиду графену (ГО). Поліпшені характеристики композитів:

1. Підвищена мікротвердість (до **82%** для 1 мас.% ГО).
2. Збільшена міцність (ударна в'язкість - до **37**% (до 69,9 кДж/м^2), статичний вигин - до **54**% (до 300 МПа)).
3. Зменшена усадка при полімеризації (до **15**%).



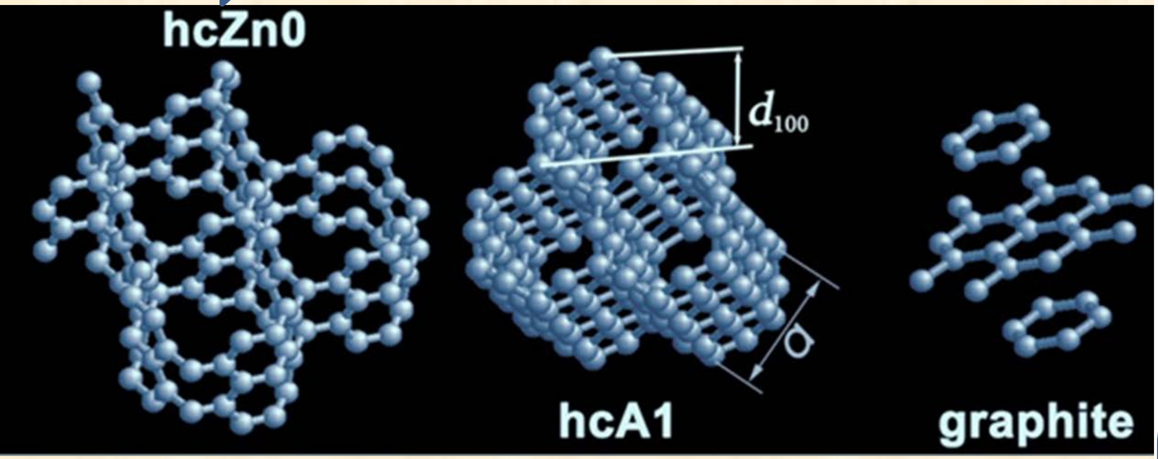
УкрОборонПром
Государственный концерн

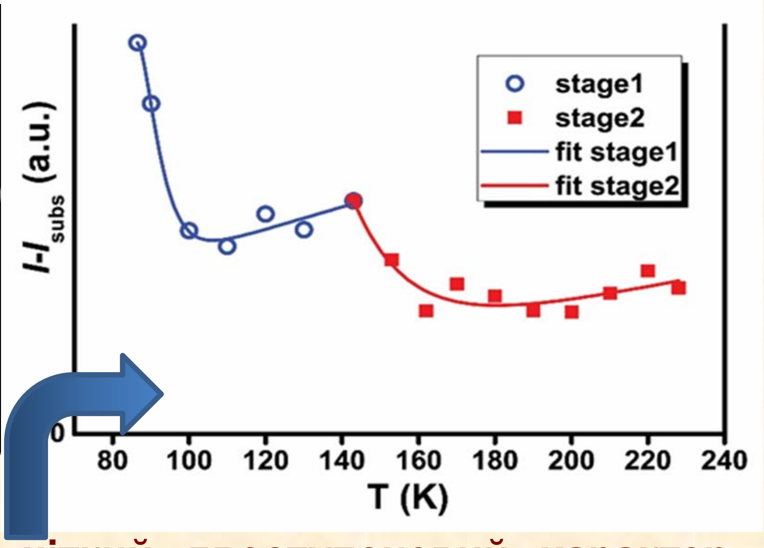
ХКБМ
Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова

Найщільніші вуглецеві стільникові структури

Н.В. Крайнюкова, Б. Кухта, ФНТ 45, 371 (2019)

Вперше синтезовано нову надщільну карбонову стільникову структуру hcA1 з архітектурою типу «крісло» із надмалим діаметром каналів, яка у поєднанні з найбільш щільними стільниками зиґзаґоподібного типу hcZn0 забезпечує ефективне поглинання та зберігання вуглекислого газу до температур втричі вищих ніж температура його сублімації у полікристалічному стані.





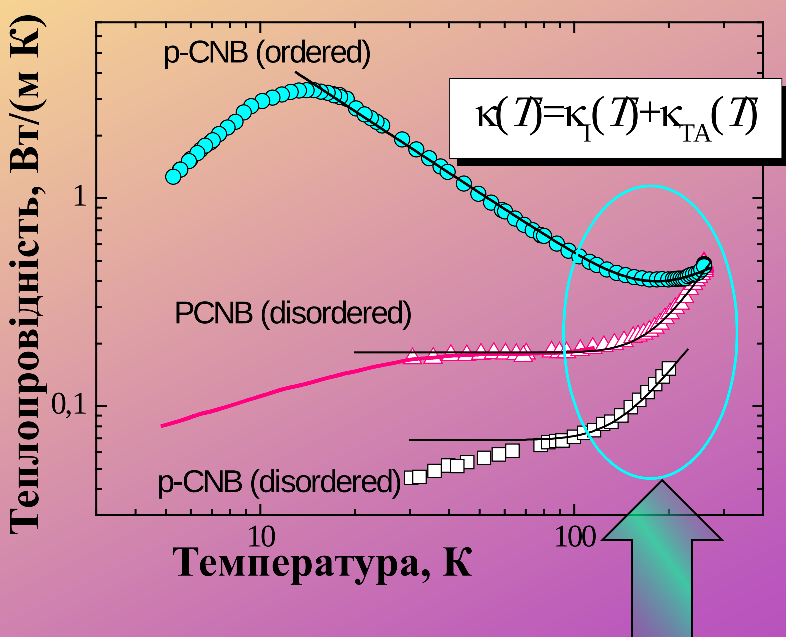
У таких карбонових стільниках процес поглинання та виділення вуглекислого газу має чіткий двоступеневий характер оскільки з широких каналів молекули десорбують при відносно низьких температурах, тоді як у щільних структурах hcA1 та hcZn0 завдяки міцному зв'язку зі стінками двоокис вуглецю може зберігатися при значно вищих температурах.

Ці властивості роблять новітні структури вельми перспективними для створення інноваційних поглиначів двоокису та окису вуглецю.

НОВИЙ МЕХАНІЗМ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ НЕПРОВІДНИХ КРИСТАЛІВ

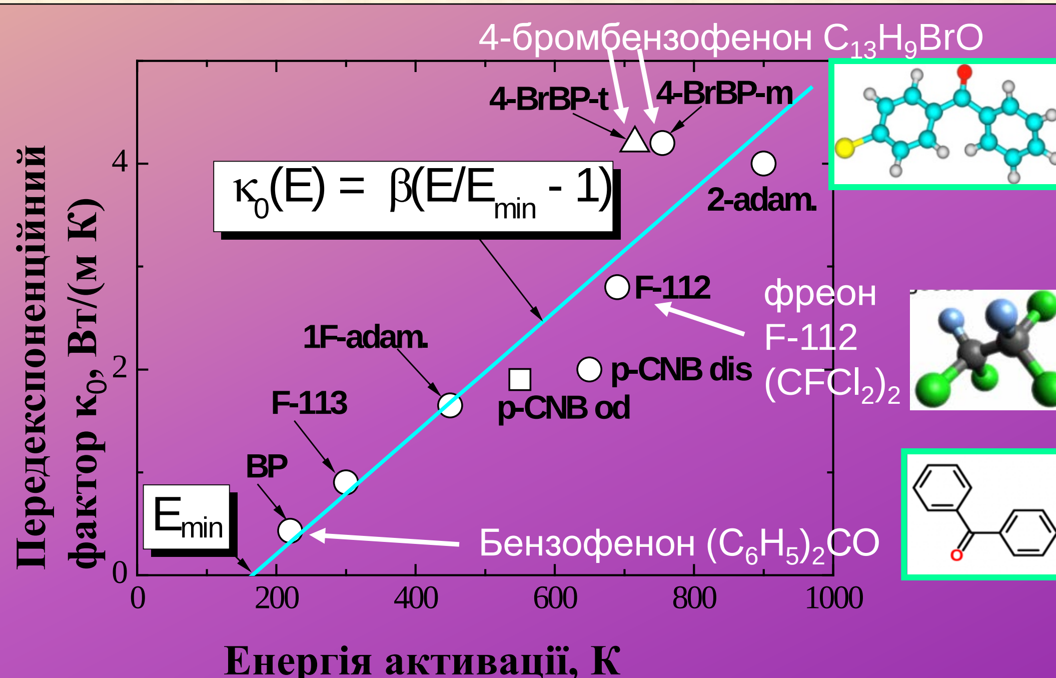
чл.-кор. НАН України М.О. Стржемечний, О. І. Кривчіков, О. О. Королюк, О. О. Романцова, Ю. В. Горбатенко, О.С. Пишкін, Д.І. Злоба

Відкрито і роз’яснено природу нового механізму теплопровідності непровідних кристалів, який забезпечується стрибковими переміщеннями достатньо високоенергетичних внутрішньомолекулярних збуджень. Результати є актуальними як для фундаментальної науки, так і в практичному плані, бо відкривають шлях до конструювання нових функціональних матеріалів, властивості яких керуються оптичними методами, та створення на їх основі теплових нановентилів і діодів.



Зростання теплопровідності згідно з термоактиваційним механізмом

$\kappa_{TA}(T) = \kappa_0 \exp(-E/k_B T)$ – термоактиваційний внесок



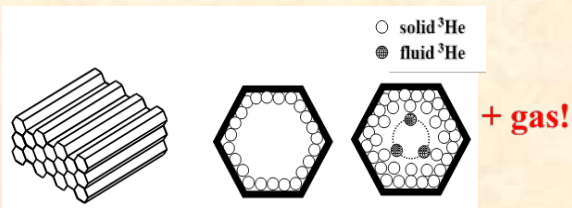
Передекспоненційний фактор κ_0 в залежності від енергії активації E для молекулярних сполук, утворених лабільними молекулами

ДИФУЗІЙНІ ПРОЦЕСИ В ^{3}He, ЯКИЙ АДСОРБОВАНИЙ НАНОСТРУКТУРНИМ МАТЕРІАЛОМ МСМ-41

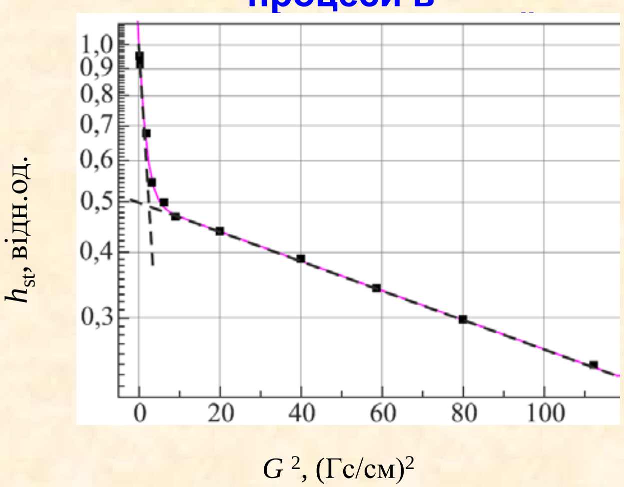
О.П. Бірченко, М.П. Міхін, Е.Я. Рудавський , Я.Ю. Сопельник (ФНТ, 45, № 12, 2019)

Вперше експериментально пояснено природу фаз ^{3}He, які виникають в порах наноадсорбенту МСМ-41 при насиченні його гелієм. Методом ядерного магнітного резонансу показано, що рідиноподібна фаза ^{3}He, яка охоплює стіни пор, має щільність меншу, ніж рівноважний рідкий ^{3}He, хочамагнітні релаксаційні параметри і коефіцієнт дифузії цієї фази, яка співіснує з пароподібною фазою усередині нанопор, близькі до значень у об'ємній рідині.

Імпульсний ЯМР у ^{3}He, що адсорбований у нанотрубках МСМ-41 (SiO_2)



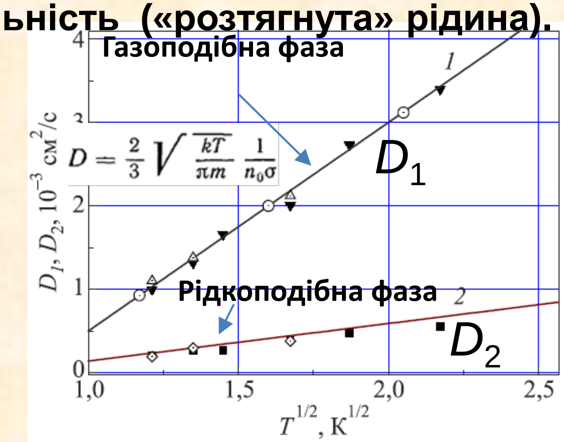
Два дифузійних процеси в



Коефіцієнти дифузії в адсорбованому ^{3}He та їх температурні залежності

Вперше проведено вимірювання коефіцієнтів спінової дифузії в ^{3}He, що адсорбований наноструктурованим матеріалом МСМ-41.

Аналіз виміряних коефіцієнтів дифузії D_1 і D_2 показує, що у вузьких каналах (2,5 нм) МСМ-41 утворюються *<u>дві фази</u>* - одна має властивості газоподібного ^{3}He, а інша за своїми властивостями близька до рідкого гелію , але має меншу щільність («розтягнута» рідина).



Величина покриття n = 35.9 ± 0.8 мкмоль / м^2.

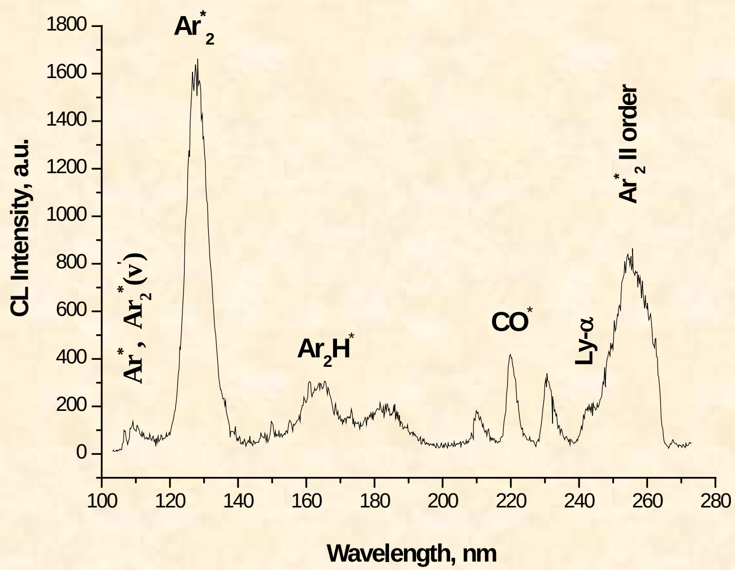
Коефіцієнт дифузії в рідкоподібній фазі в 4-6 разів <u>більше</u>, ніж у масивній рідині

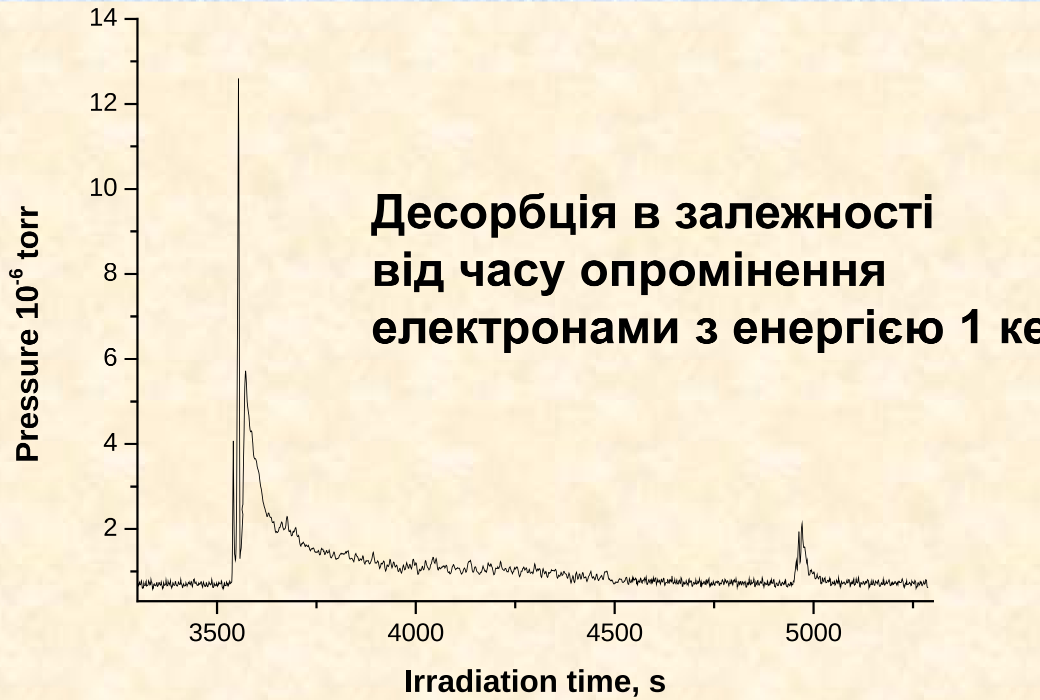
Електронно-стимульована десорбція частинок з твердого аргону з домішками метану.

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

Вперше пояснено ефект вибухової емісії частинок з поверхні твердого аргону з домішками метану під дією електронних пучків. Екзотермічні реакції взаємодії продуктів радіолізу метану є стимулюючим фактором для затриманої вибухової емісії частинок у системі аргон-метан.

$$CH_3 + CH_3 \rightarrow C_2H_6 + 368\ kJ\ mol^{-1}$$
$$H + H \rightarrow H_2 + 218\ kJ\ mol^{-1}$$



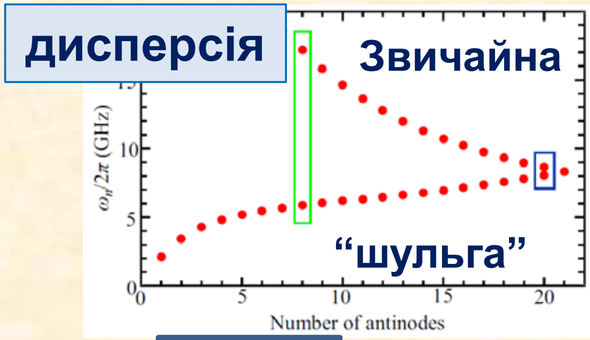


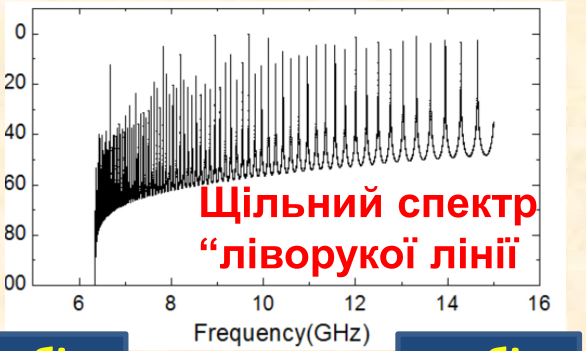
Отримані результати допоможуть з'ясувати механізми аналогічних процесів у твердому метані є надзвичайно важливими з точки зору забезпечення безпечного

Структури мод в надпровідному метаматеріалі на базі резонансної НВЧ лінії зв'язку.

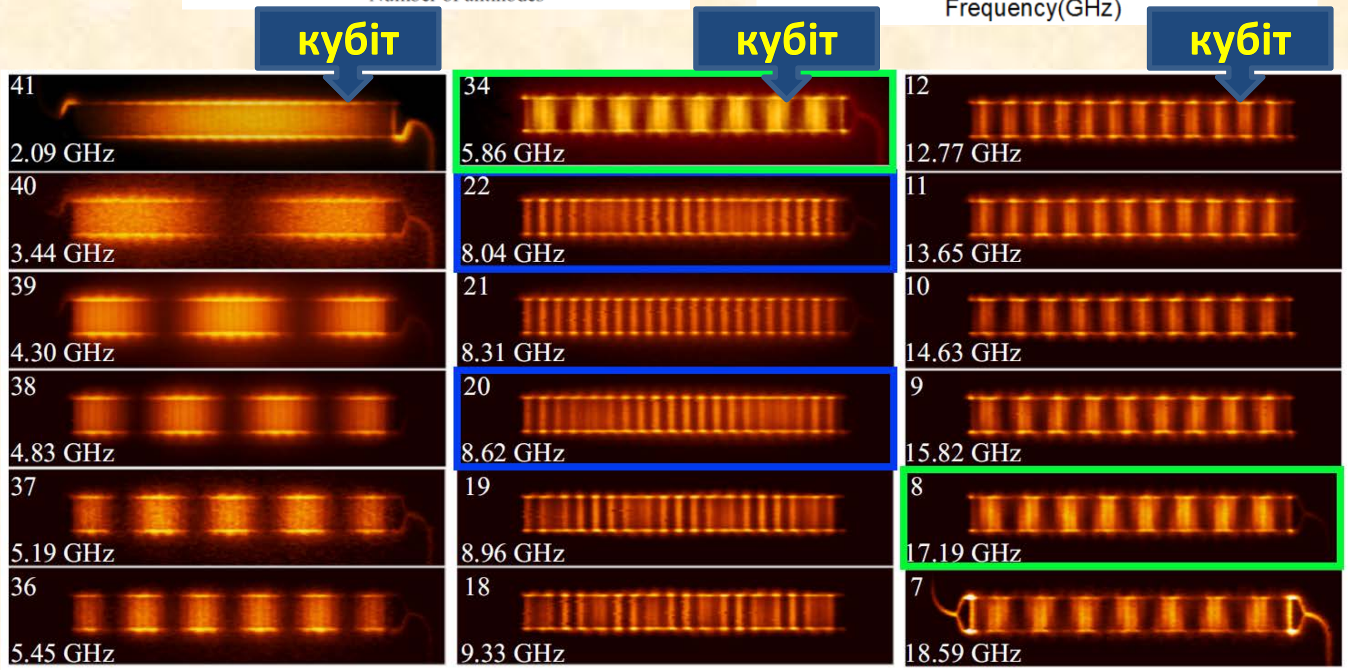
H. Wang, A.P. Zhuravel, ... B. Plourde . *Phys. Rev. Appl. 11,* 054062, (2019)

Запропоновано та досліджено **новітні мета-матеріали** з унікальними електро-магнітними спектральними властивостями, які призначені для отримання заплутаних квантових станів в кубітах квантових комп’ютерів.





Лазерно-мікроскопічна візуалізація розподілів високочастотного поля при температурі порядку мілікельвіну підтвердила достовірність результатів з моделювання структури мікрохвильового відгуку мета-матеріалу та широкі можливості його використання для квантової інженерії комплексних квантово-інформаційних систем

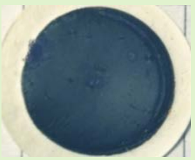


Лазерно-мікроскопічні мапи стоячих хвиль

Композитні плівки одностінних вуглецевих нанотрубок з окисненим графеном

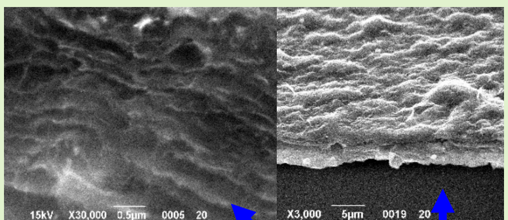
В.О. Карачевцев, О.М. Плохотніченко, М.В. Карачевцев, О.С. Ліннік, М.В. Курносов (ФНТ 45, 2018, 881;1300)

•Вперше створені композитні плівки одностінних вуглецевих нанотрубок (ОВНТ) з сильно окисненим графеном (ГО) та виконана їх характеризація за допомогою спектроскопії, мікроскопії та комп'ютерного моделювання.
•Вивчена електропровідність в плівках ГО-ОВНТ в інтервалі 5-297 К та виконано аналіз температурної залежності електронного транспорту в такій композитній плівці та порівняння з плівкою нанотрубок.

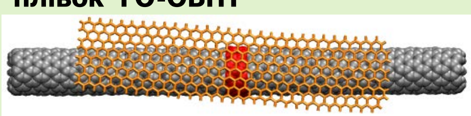


Плівка гнучка

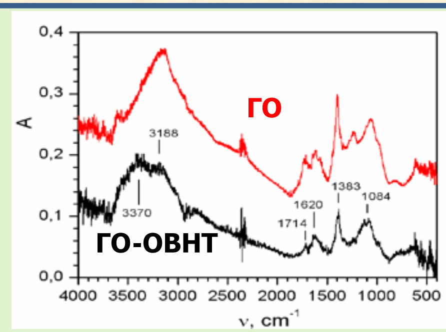
Плівки ГО-ВОНТ, які були отримані при вакуумній фільтрації (товщина 10 мкм, діаметр 12 мм).



СЕМ-зображення зрізу та поверхні плівок ГО-ОВНТ

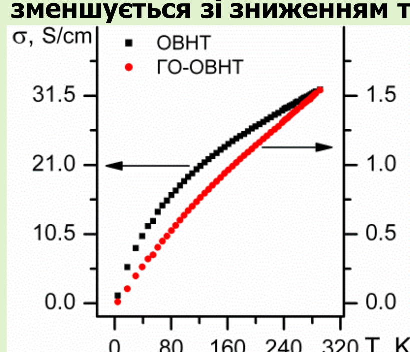


Енергія взаємодії графенового гексагону у стекінгу з ОВНТ складає ~22 кДж/моль



На основі порівняння ІЧ спектрів композиту та ГО виявлені спектральні зміни у спектрі ГО, які виникають при взаємодії з ОВНТ.

Електропровідність плівок ГО-ОВНТ і ОВНТ зменшується зі зниженням температури.

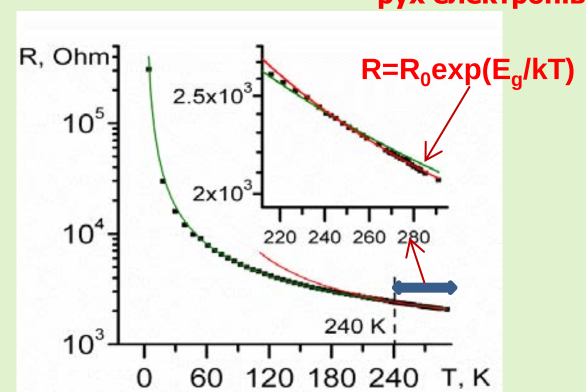


Аналогічна провідності, що спостерігається у невпорядкованих напівпровідникових системах.

Електропровідність в плівках ГО-ОВНТ в інтервалі 5-240 К забов'язана тунельним перескокам термоактивованих електронів між локалізованими рівнями поблизу рівня Фермі (3D модель Мотта зі змінною довжиною стрибка).

$$R=R_0\exp(T_m/T)^{1/(1+d)}$$

d=3, 3D рух електронів



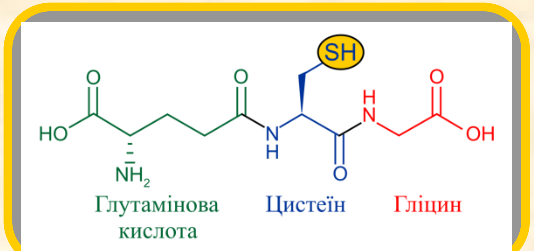
У діапазоні температур (230-297 К) електропровідність визначається термоактивованими стрибками електронів крізь бар'єр ~18 меВ (модель Арреніуса).

•Шляхи практичного застосування 3D наноструктурних форм графен-нанотрубка: для створення болометрів, термочутливих датчиків, мембран для очищення повітря або розчинів, при розробці сенсорів для газів та біосенсорів, у акумуляторних батареях, для створення провідного та прозорого покриття на прозорих та гнучких підкладках.

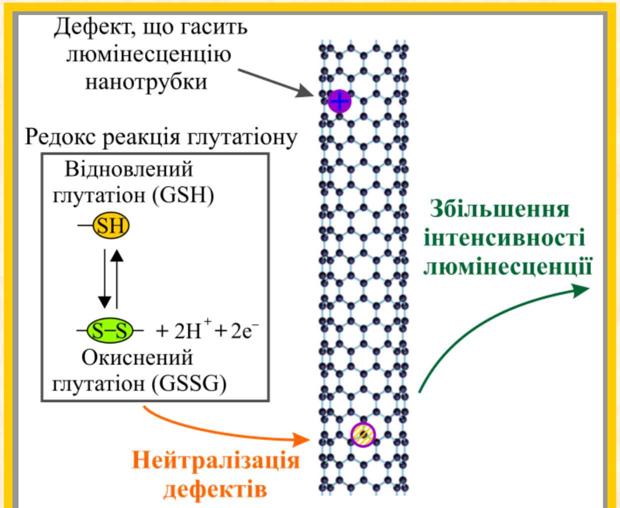
Вплив глутатіону на люмінесценцію напівпровідникових одностінних вуглецевих нанотрубок

М.В. Курносов, В.С. Леонтьєв, В.О. Карачевцев (Chem. Phys. 516, 2019, 218-224)

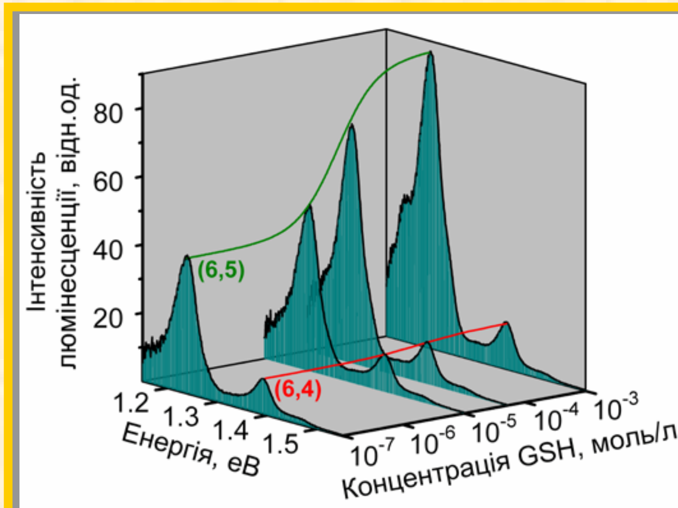
Глутатіон – це основний антиоксидант в організмі людини.



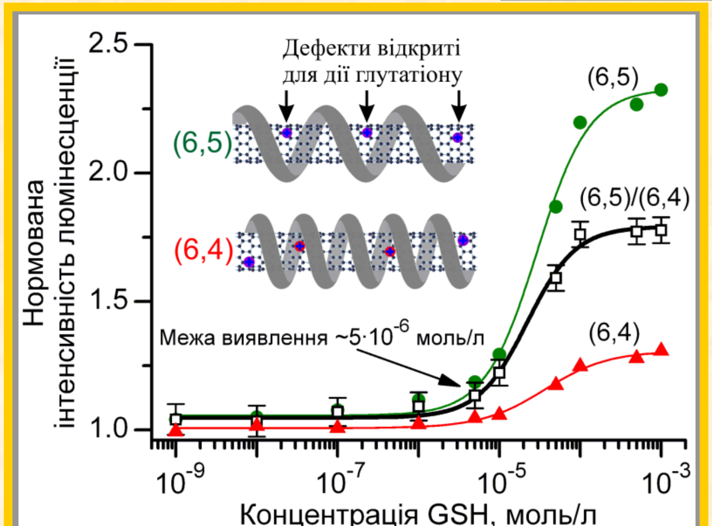
Антиоксидантні властивості глутатіону забезпечені наявністю тіольної SH групи та редокс реакцією – утворенням димерів з дисульфідним зв'язком.



Виявлено, що редокс реакція глутатіону сприяє нейтралізації дефектів електронної структури одностінних вуглецевих нанотрубок (ОВНТ), що гасять люмінесценцію.



Спектри люмінесценції суспензії ОВНТ-ДНК при зростаючій концентрації глутатіону. Дві оптично розділені смуги відповідають ОВНТ хіральностей (6,5) та (6,4).



При додаванні глутатіону до водної суспензії ОВНТ-ДНК спостерігається збільшення інтенсивності люмінесцентних смуг, що відповідають ОВНТ різної хіральності.

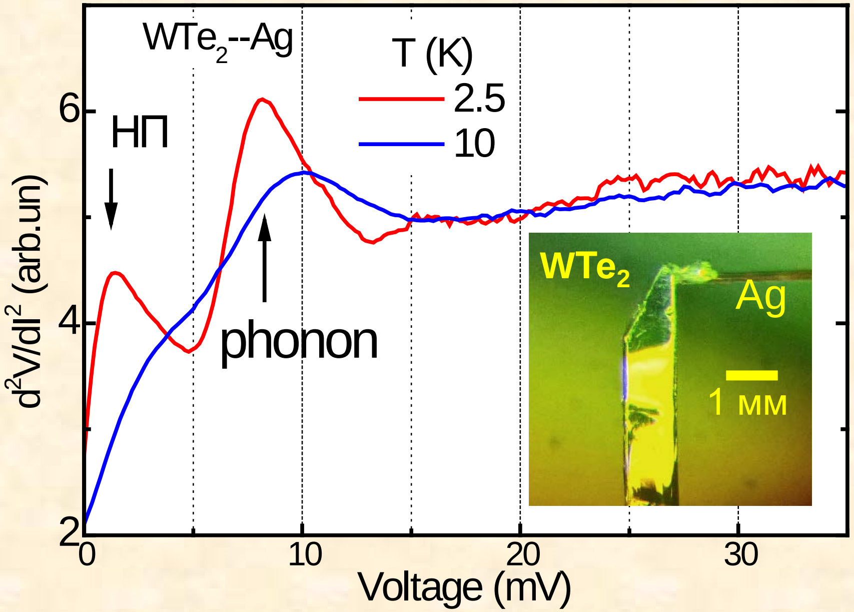
Ефект зростання світіння залежить від покриття біополімером поверхні нанотрубок. В разі розупорядкованого покриття, що залишає значну кількість дефектів відкритими, зростання люмінесценції ОВНТ відповідної хіральності більше за величиною. В результаті люмінесценція ОВНТ може бути використана для виявлення та визначення концентрації глутатіону у водному розчині за ратіометричним методом (через аналіз співвідношення інтенсивності смуг світіння різних ОВНТ).

Мікроконтактна спектроскопія (МКС) вейлівських топологічних напівметалів (ВТН)

Ю. Г. Найдюк, Д. Л. Башлаков, О. Є. Квітницька та ін.,
2D Materials, 6, 045012 (2019)

ВТН вважаються перспективними для широкого кола застосувань, таких як електроніка з низьким споживанням, спінтроніка, оптоелектроніка, квантові обчислення тощо, тому їх вивчення в нанорозмірній формі різними методами наразі представляє значний інтерес

- ❖ **Вперше методом МКС-Янсона отримані спектри електрон-фононної взаємодії (ЕФВ) у вейлівському топологічному напівметалі WTe_2**
- ❖ **Виявлено ознаки надпровідності (НП) у WTe_2, зондуючи поверхню за допомогою «м'яких» мікроконтактів**

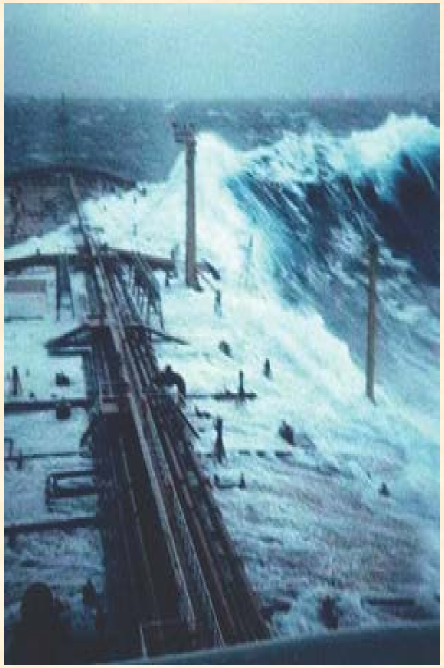


- **Поверхневий НП стан (максимум поблизу V=0) має критичну температуру ~6K**
- **Спектри ЕФВ (d^2V/dI^2) з панівними фононними максимумами свідчать про реалізацію класичної БКШ природи спарювання**
- **Надпровідність в WTe_2 може мати топологічну природу з формуванням майоранівських станів – перспективних базових елементів відмовостійких квантових обчислень необхідних для реалізації квантового комп'ютера**

DISPERSIVE SHOCK WAVE, GENERALIZED LAGUERRE POLYNOMIALS, AND ASYMPTOTIC SOLITONS OF THE FOCUSING NONLINEAR SCHRÖDINGER EQUATION

Vladimir Kotlyarov and Alexander Minakov Journal of Mathematical Physics **60**, 123501 (2019)

У теорії хвиль на глибокій воді (теорії океанських хвиль) досліджено тонку структуру переднього фронту широкого класу дисперсійних ударних хвиль фокусуючого нелінійного рівняння Шредінгера. Одержано нові явні асимптотичні формули для таких ударних хвиль у вигляді асимптотичних солітонів і їх взаємодії з фоном:



$$iq_t + q_{xx} + 2|q|^2 q = 0, \qquad x \in \mathbb{R}, t \in \mathbb{R}_+,$$

For $x = Ct - \frac{\rho \ln t}{B}$, $if\, \rho \in [n + \frac{1}{4}, n + \frac{5}{4})$, $0 \le n \in \mathbb{Z}$, then

$$q(x,t) = q_{sol}(x,t) + q_{par}(x,t) + \mathcal{O}(t^{-1} \ln t),$$

$$q_{sol}(x,t) = \frac{(-1)^n 2B \exp[-2i\,(Ax + 2t(A^2 - B^2)) - i\varphi]}{\cosh\left[2B(x + 4At) + (2n + \frac{3}{2})\ln t + \alpha_n\right]}.$$

$$q_{par}(x,t) = \sqrt{\frac{\nu}{2t}}\left(e^{i\psi}\left(1 - \left|\frac{q_{sol}(x,t)}{2B}\right|^2\right) - e^{-i\psi}\left(\frac{q_{sol}^2(x,t)}{4B^2}\right)\right) + \mathcal{O}\left(\frac{\ln t}{t}\right)$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\ln[1 + |r(k_0)|^2], \qquad k_0 := \frac{-x}{4t}.$$