



***ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ
ТЕМПЕРАТУР
ім. Б.І. Вєркіна
2021***

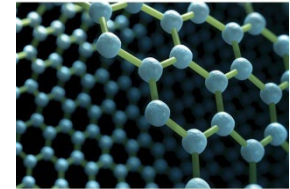
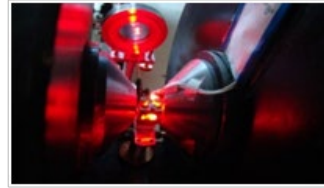


ОСНОВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ



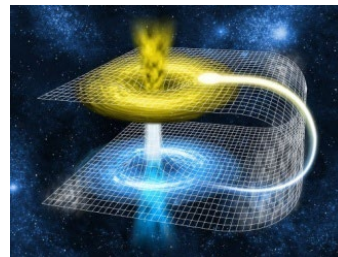
- ФІЗИКА:

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



– МАТЕМАТИКА:

- Математична фізика
- Аналіз
- Геометрія



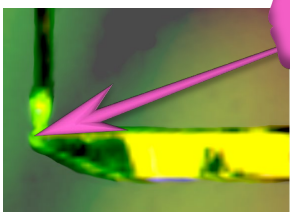
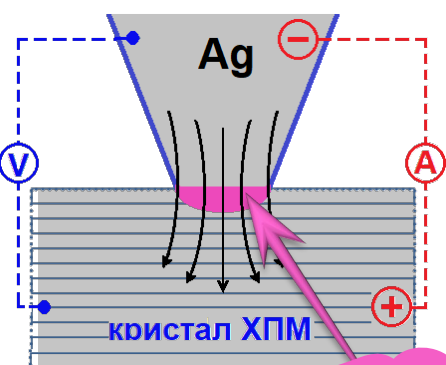


КЕРОВАНІ НАПРУГОЮ РЕЗИСТИВНІ СТАНИ У ХАЛЬКОГЕНІДАХ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ

Ю. Г. Найдюк, Д. Л. Башлаков, О. Є. Квітницька та ін., (ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна)
(*Phys. Rev. Materials*, 5, 084004, 2021)

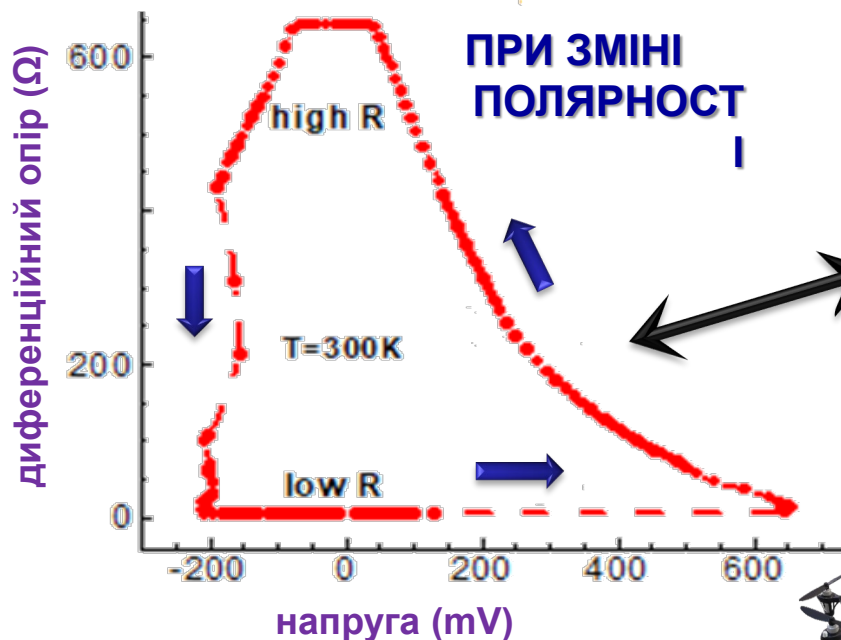
Відкрито **ефект резистивного перемикання** провідності точкових контактів Янсона на основі шаруватих халькогенідів перехідних металів (ХПМ):

MTe_2 ($\text{M} = \text{Mo}, \text{W}$), TaMTe_4 ($\text{M} = \text{Ru}, \text{Rh}, \text{Ir}$).

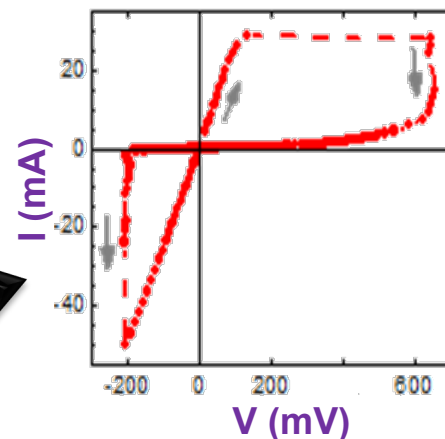


зона
концентрації
ел. поля

ПЕРЕМИКАННЯ ОПОРУ WTe_2 - Ag



ВАХ



ПРАКТИЧНИЙ ВИСНОВОК:

ХПМ структури - перспективна фізична основа енергонезалежної резистивної пам'яті (ReRAM) для високотехнологічних систем штучного інтелекту, «інтернету речей» тощо





П'ЄЗОМАГНЕТИЗМ НАДПРОВІДНИХ СПОЛУК ЗАЛІЗА

В.Д. Філь, Г.А. Звягіна, К.Р. Жеков, І.В. Білич, М.П. Колодяжна, О.М. Блудов

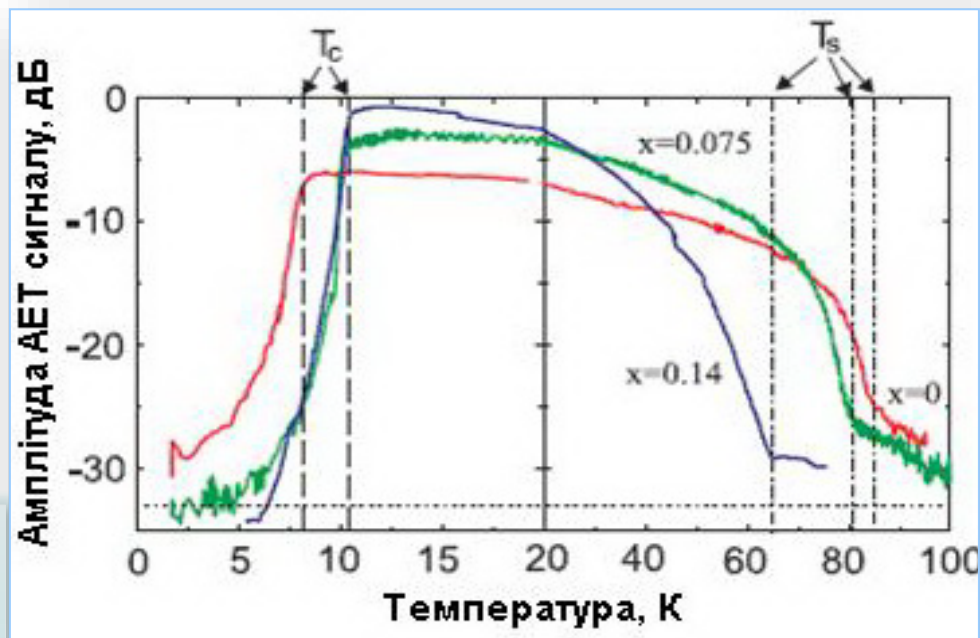
(Phys. Rev. B 104, P. 094424, 2021)

Вперше в залізовмісних надпровідних монокристалах $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ за допомогою унікальної методики акустoeлектричної трансформації (АЕТ) виявлено **п'єзомагнетизм**.

Необхідна умова існування - реалізація у даному класі сполук нового типу магнітного порядку – прихованого магнетизму.

Ефект проявляється
**генерацією
електромагнітного
випромінювання
(АЕТ сигналу)** із зразка
під дією пружної деформації

Анізотропія ефекту свідчить
про те, що симетрія кристалів
у низькотемпературній фазі
є триклинною,
а не орторомбічною, як вважається.



Температурна поведінка амплітуди АЕТ сигналу в монокристалах $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$.
 T_c і T_s - критичні температури надпровідного та структурного переходів.

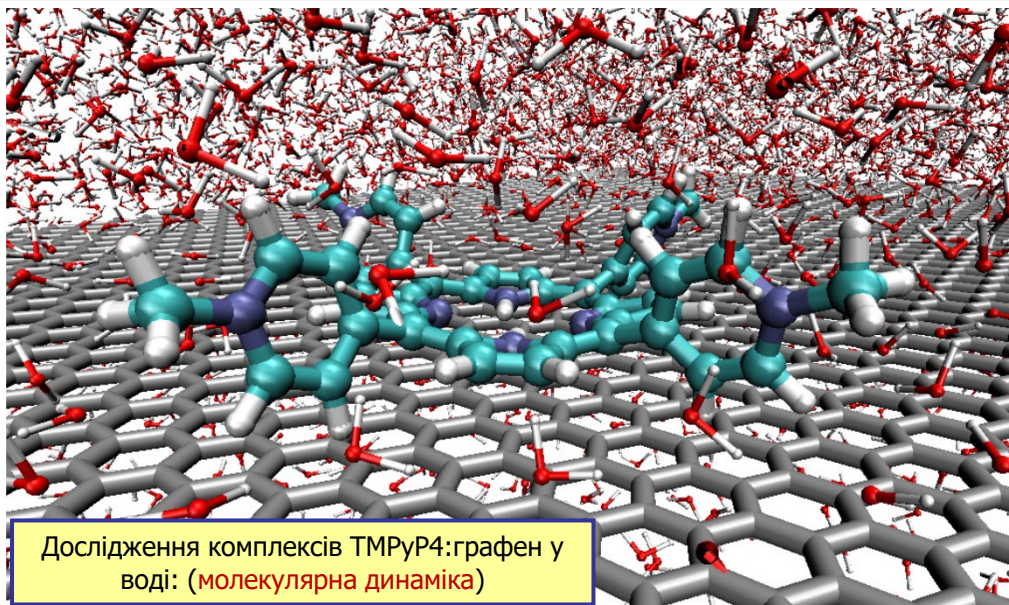


Структурні та спектральні трансформації катіонного порфірину ТМРyР4 при адсорбції на графен

В.О. Карачевцев, С.Г. Степаньян, М.В. Карачевцев, В.О.Валєєв, Л. Адамович

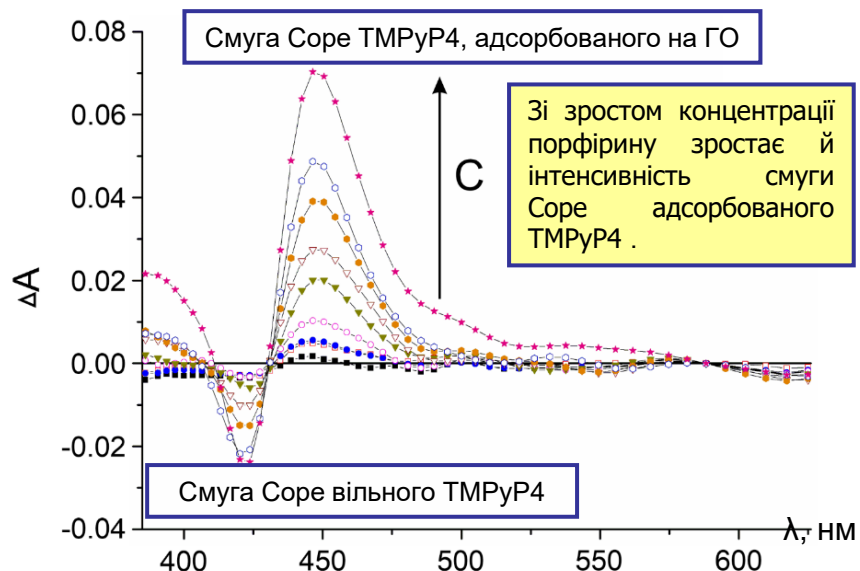
Journal of Molecular Structure, 1245, 131056, 2021

Показано, що біоорганічна молекула зі складною структурою в комплексі з графеном зазнає значної деформації. Особливо це стосується заряджених молекул, таких як катіонний порфірин ТМРyР4. Деформація пов'язана з сильною катіон-п взаємодією, яка відбувається між п-системою графенової поверхні та позитивно зарядженими бічними групами ТМРyР4 (5,10,15,20-тетракіс-(N-метил-4-піридил) порфірин).



Дослідження комплексів ТМРyР4:графен у воді: (молекулярна динаміка)

Структура ТМРyР4 при адсорбції на графен стає більш плоскою.



Диференційні спектри поглинання світла ТМРyР4 при адсорбції на ГО (експеримент)

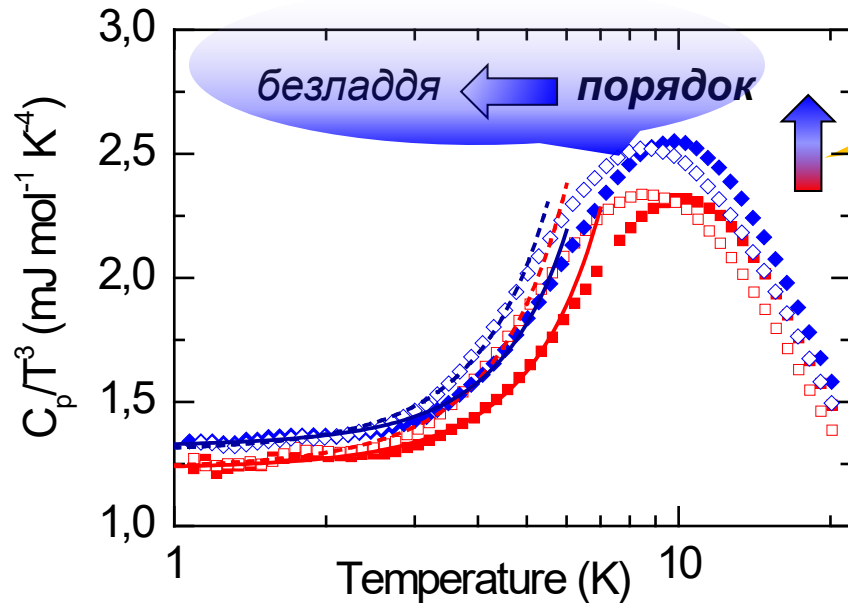
При адсорбції ТМРyР4 на оксид графену (ГО) у спектрі поглинання світла спостерігається зсув смуги Соре порфірина на 28 нм у червону область, який пояснюється зменшенням двогранного кута між бічними кільцями та порфіриновим ядром.

Оскільки порфіринові сполуки, як і ТМРyР4, використовуються у фотодинамічній терапії ракових пухлин, тому отримані результати можуть бути корисними при використанні графенових наноматеріалів у якості наноплатформ для доставки лікарських препаратів у клітину.



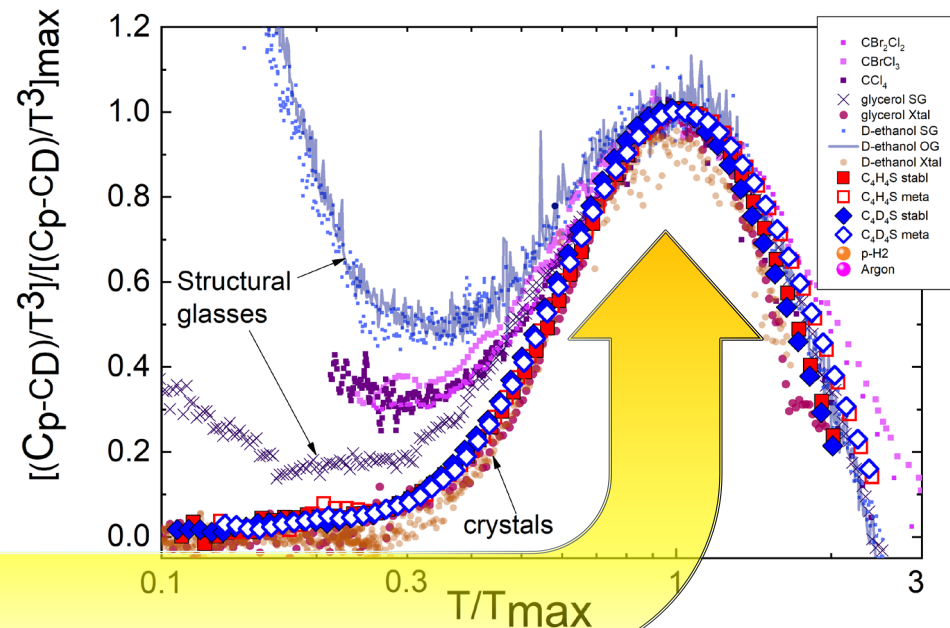
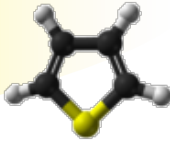
Низькотемпературні аномалії теплоємності в упорядкованих і неупорядкованих фазах нормального та дейтерованого тіофену

О. І. Кривчіков, О. О. Королук та ін. *J. Phys. Chem. Lett.* 2021, 12, 8, 2112–2117



Виявлена універсальна поведінка низькотемпературної теплоємності молекулярних кристалів, які сформовані поліциклічними молекулами, що пов'язана з характерною топологією густини низькочастотних коливальних збуджень.

Вплив ефекту $\text{C}_4\text{H}_4\text{S} \rightarrow \text{C}_4\text{D}_4\text{S}$ дейтерування в упорядкованих і неупорядкованих станах тіофену



Пояснена природа особливостей теплових властивостей складних молекулярних кристалів



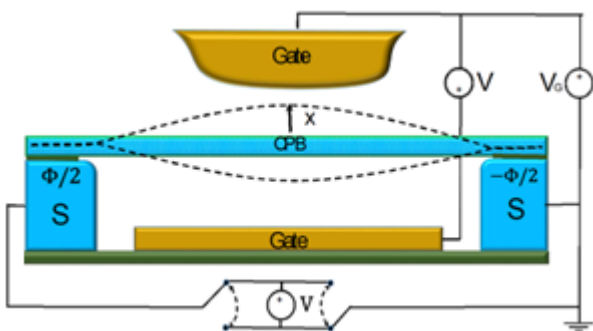
Заплутаність між станами зарядового кубіта та когерентними станами наномеханічного резонатора, що генерується нестационарним ефектом Джозефсона

О.М. Багрова, Л.Ю. Горелік та С.І. Кулініч, ФНТ, 47, 315 (2021)

Запропоновано та теоретично досліджено **новий тип комірок для квантового комп'ютингу** на основі нано-електромеханічної системи, «рухомий кубіт + надпровідне оточення»

Показано, що в зовнішньому електростатичному полі така **комірка генерує незвичайні когерентні квантово-заплутані стани: “CAT STATES”**

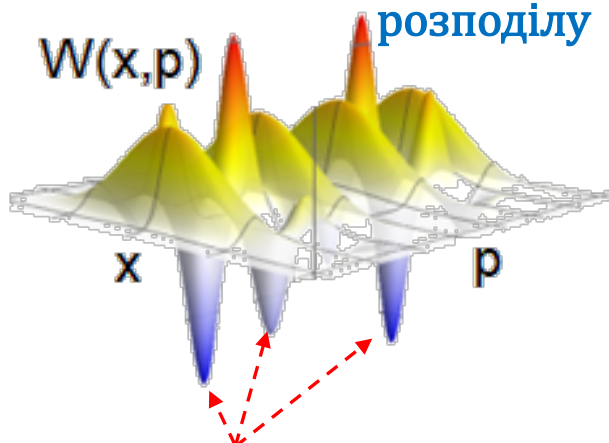
Модель:



Резонанс:

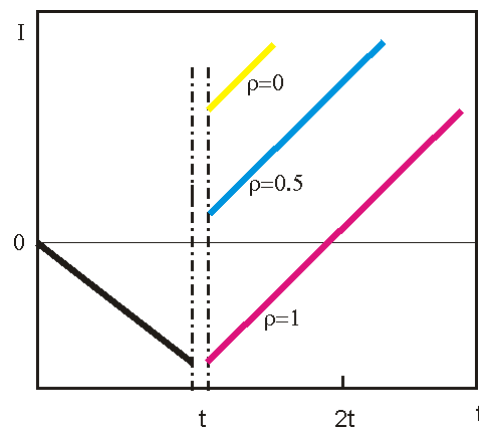
джозефсонівська частота
співпадає з механічною
частотою

Вігнерівська функція
розподілу



ВІД'ЄМНІ ЗНАЧЕННЯ
в певних областях фазового
простору.

Вольт-амперна
характеристика



Можемо детектувати такі
стани за вольт-амперною
характеристикою

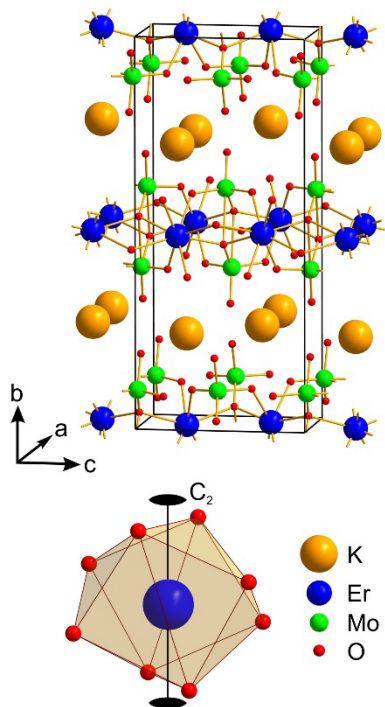
Передбачувані явища можуть служити основою для кодування квантової інформації із заряду кубітів у суперпозицію когерентних механічних станів, та становлять інтерес для квантової комунікації.



Об'ємна магнітострикція в парамагнетику $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$

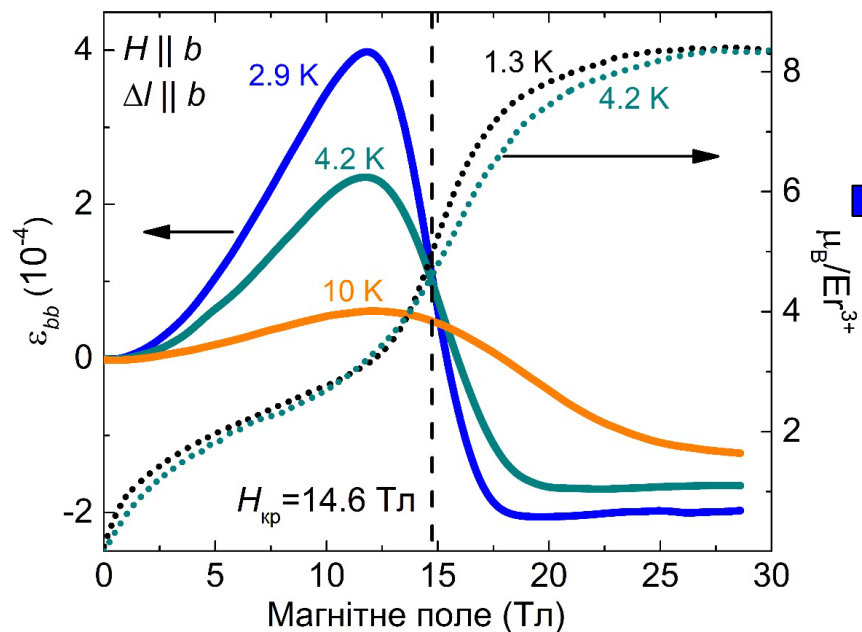
Х.В. Кутько, С.М. Попережай та ін.

Adv. Electron. Mater., 2021, 2100770 (7pp).



Кристалічна структура
та кисневе оточення
магнітного іону

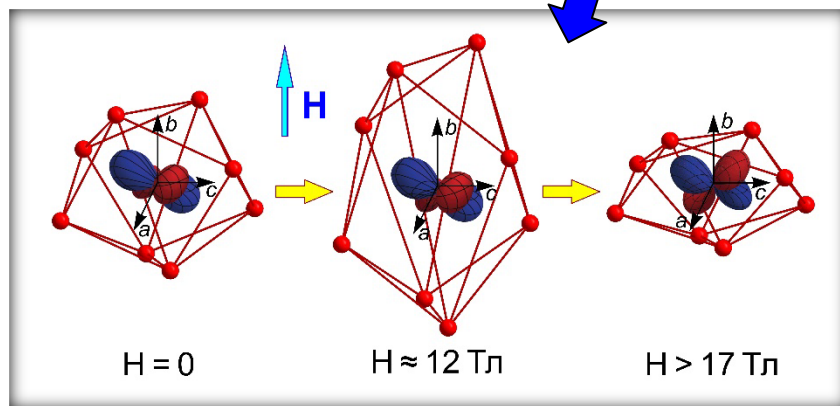
Надзвичайно висока чутливість магнітострикції
до зміни магнітного поля разом із гігантським
магнітокалоричним ефектом у цій сполуці
відкривають перспективи застосування
 $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$ в криогенних та магнітних технологіях.



Польові залежності магнітострикції $\Delta l/l$ та
намагніченості при $H \parallel b$.

Вперше виявлено
надзвичайно сильну
магнітострикцію в
шаруватому
парамагнетику
 $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$.

Мікроскопічний
механізм впливу
магнітного поля на
деформацію
кристалічної ґратки в
 $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$ зумовлено
зміною квадрупольних
моментів іону Er^{3+}



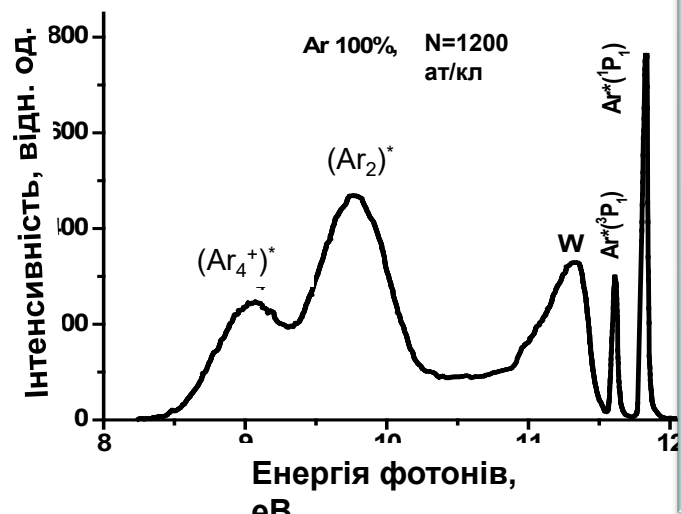


Десорбція збуджених атомів водню з вільних кластерів та матриць аргону, допованих метаном

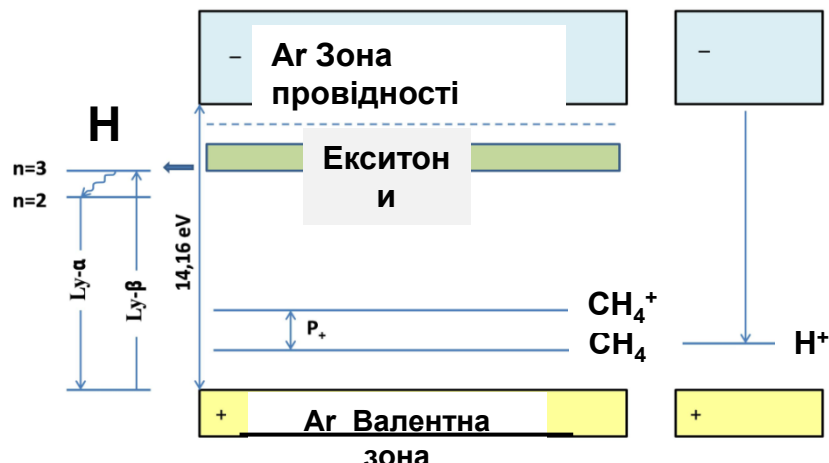
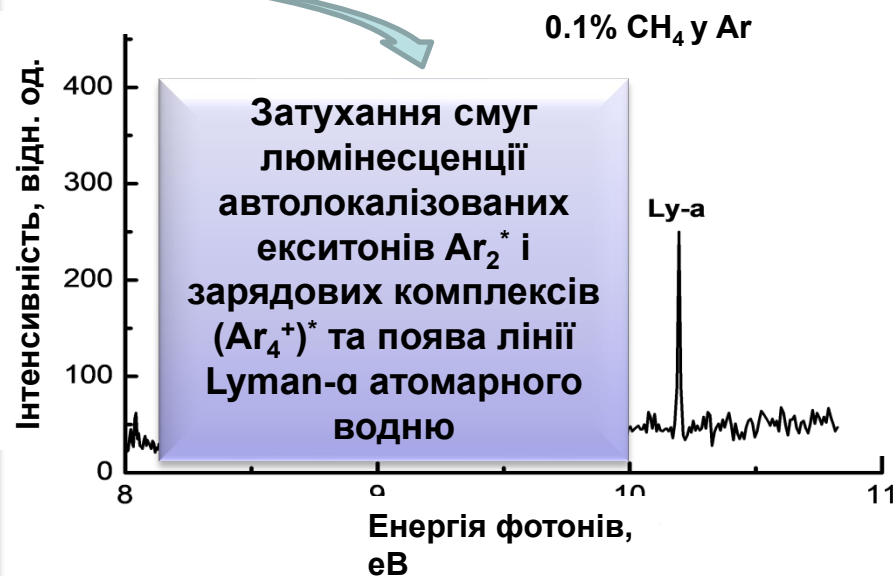
Ю.С. Доронин, В.Л. Вакула, Г.В. Камарчук, А.А. Ткаченко, І.В.

Хижний, С.О. Уютнов, М.О. Блудов, О.В. Савченко, ФНТ/ЛТР

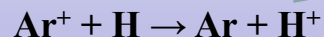
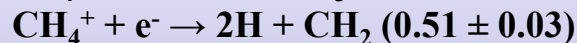
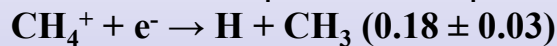
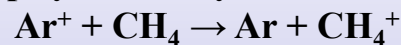
47 (2021) 1058



Зміна спектру при допуванні демонструє передачу енергії від нейтральних і зарядових станів Ar до атомів H з їх подальшою десорбцією



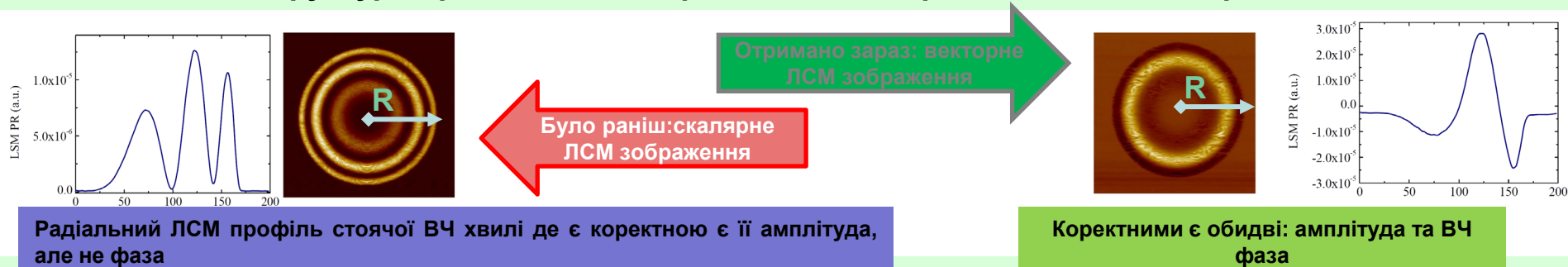
Канали формування збуджених атомів водню



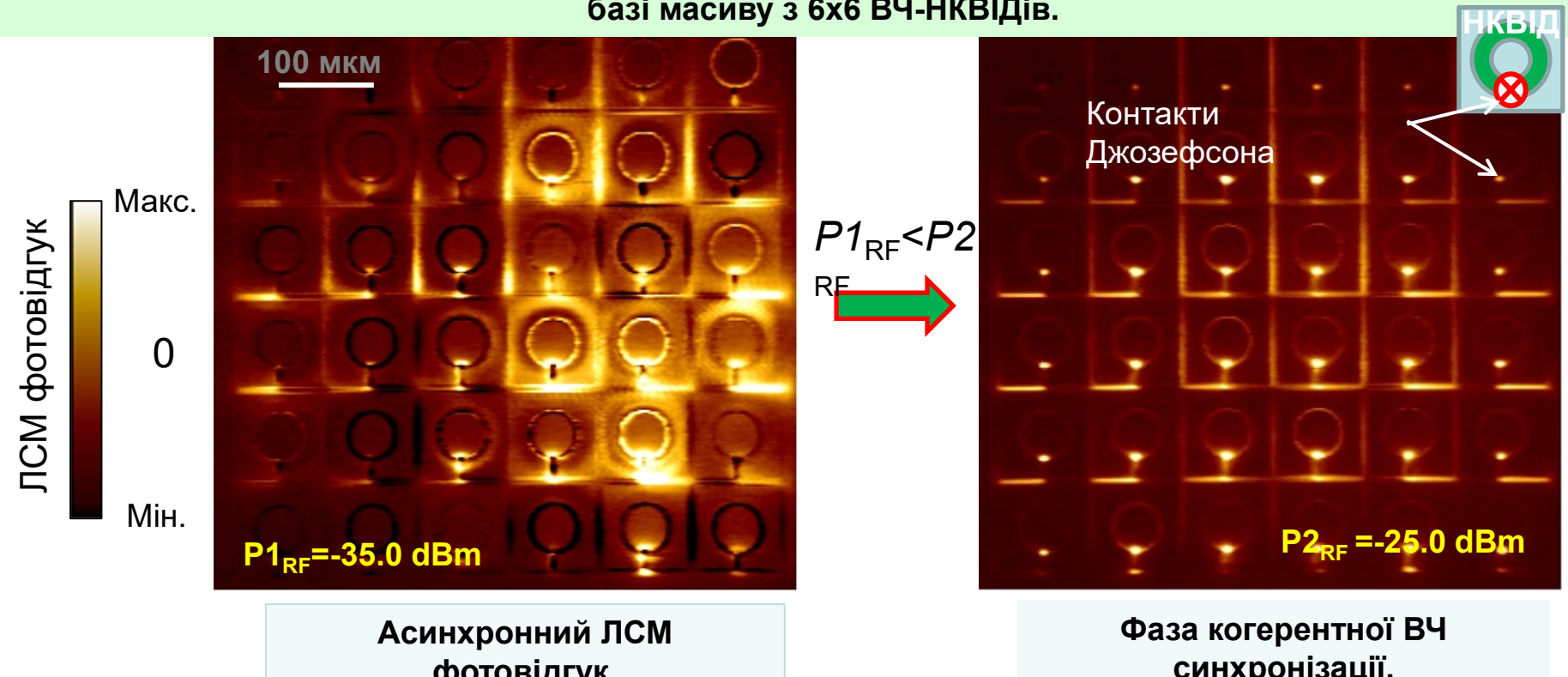
Лазерна мікроскопія фазової маршрутизації мікрохвиль

А. Журавель, А Лега, А. Карпов, А. Лукашенко, А. Устинов. ФНТ 48, 119 (2022)

❖ Розроблено новий метод фазочутливої лазерної скануючої мікроскопії (ЛСМ) для зображення структури проникаючих мікрохвиль в надпровідних мета-матеріалах.



❖ Вперше експериментально виявлено ефект просторової самоорганізації ВЧ відгуку під впливом зміни ВЧ поля в неоднорідній кристалічній структурі надпровідного квантового мета-матеріалу на базі масиву з 6x6 ВЧ-НКВІДів.





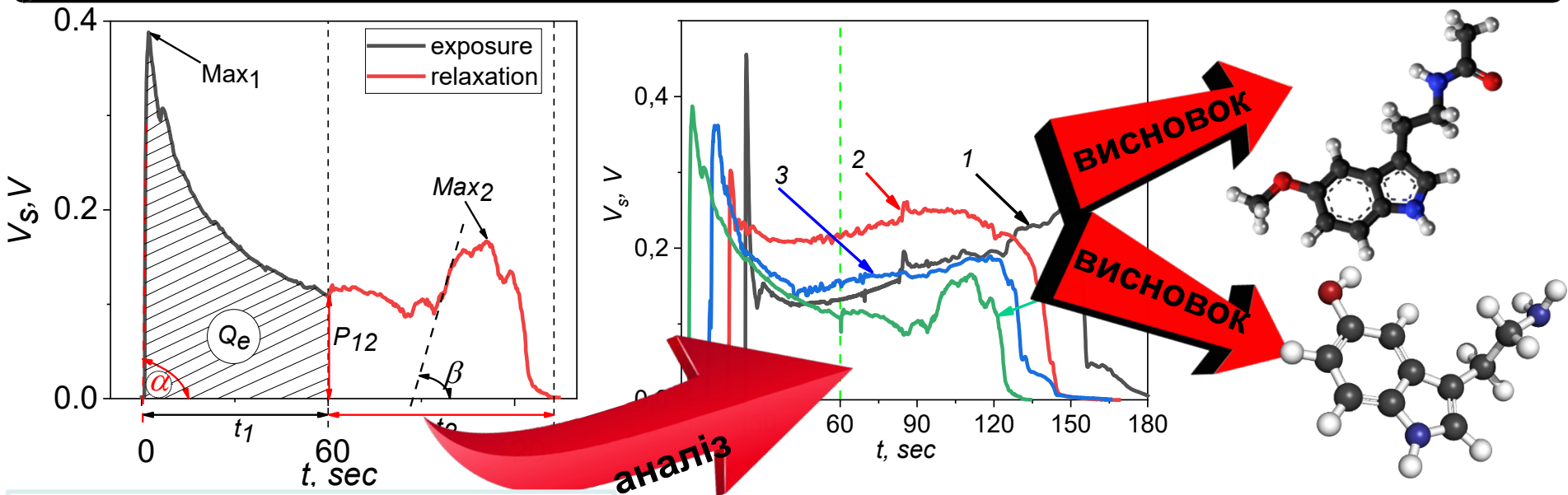
Неінвазійний дихальний тест для детектування гормонального фону людини: серотонін та мелатонін

Л.В. Камарчук, О.П. Поспєлов, Д.О. Гарбуз, В.І. Бєлан,

Ю.В. Волкова, А.А. Ткаченко, Г.В. Камарчук

L. Kamarchuk et al 2022 J. Breath Res. 16 016002

Вперше розроблено метод неінвазійного визначення вмісту мелатоніну та серотоніну в організмі людини за профілем видихуваного газу, зареєстрованим з використанням точкових контактів Янсона.



Характеристичні параметри кривої відгуку

Спектральні профілі газової суміші, що видихається пацієнтами

Точковий контакт Янсона – унікальний квантовий об'єкт, що є чутливим елементом інноваційних квантових сенсорів, які демонструють відгук спектрального типу на дію складних газових сумішей.

Вперше отримані математичні моделі для визначення вмісту серотоніну і мелатоніну за характеристичними параметрами профілю газу, що видихається



АНАЛІЗАТОР ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ ДЛЯ КРІОМЕДИЦИНИ. КОНТРОЛЬ ПРОЦЕСУ КРІОДЕСТРУКЦІЇ ПАТОЛОГІЧНИХ ТКАНИН.

Г. Ковальов, Г. Шустакова, Е. Гордієнко, Ю. Фоменко, М. Глущук

Cryobiology **103**, 32-38 (2021)

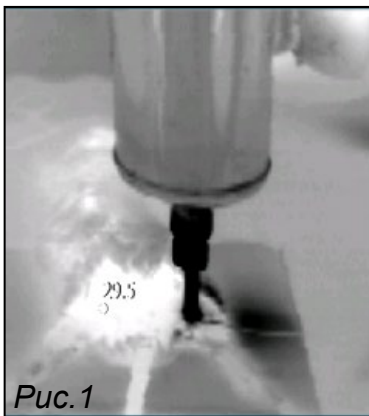


Рис.1

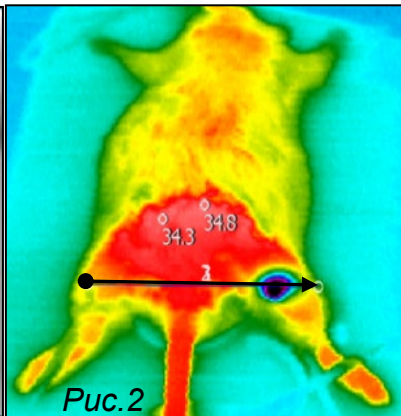
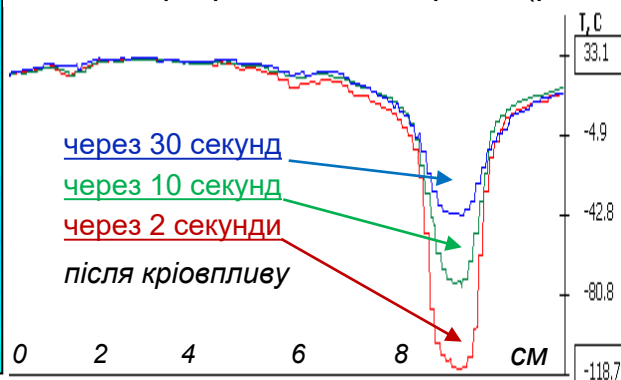
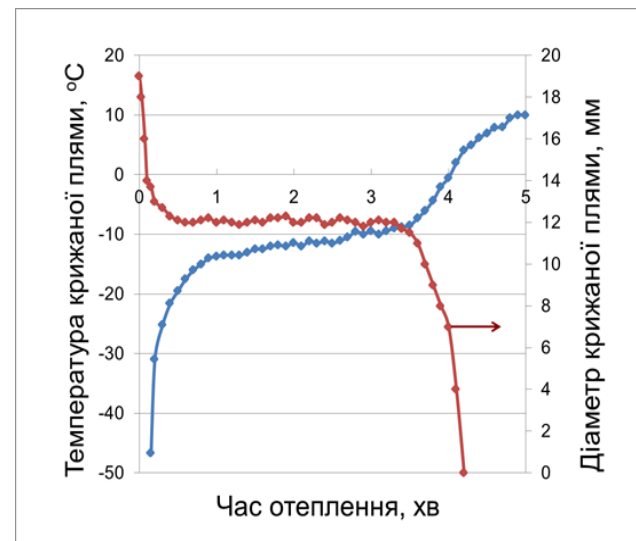


Рис.2

Теплові профілі вздовж стрілки (рис.2)

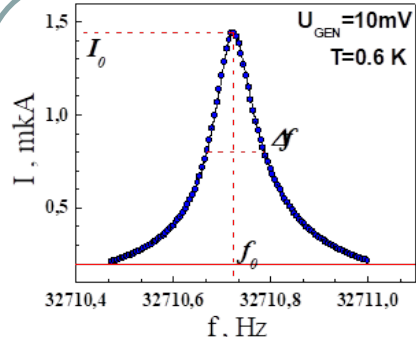


- ✓ Розроблена оригінальна тепловізійна система для вимірювання низькотемпературних теплових полів (до -190°C) і досліджена їх динаміка
- ✓ Прилад забезпечує дистанційний контроль розростання зони незворотного знищення патологічних тканин у реальному часі кріодеструкції
- ✓ Експериментально спостерігалися прояви процесу структурної перебудови льоду (рекристалізації) в об'ємі замороженої тканини при відтаванні

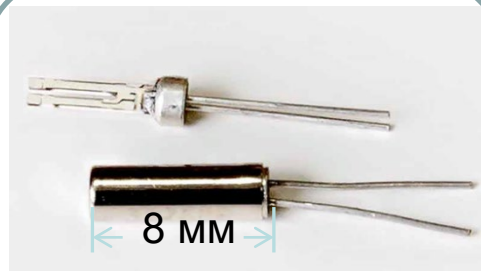


Механізми дисипації коливань камертона у надплинних розчинах ^3He - ^4He

В.А. Вракіна, С. С. Капуза, В.К. Чаговець

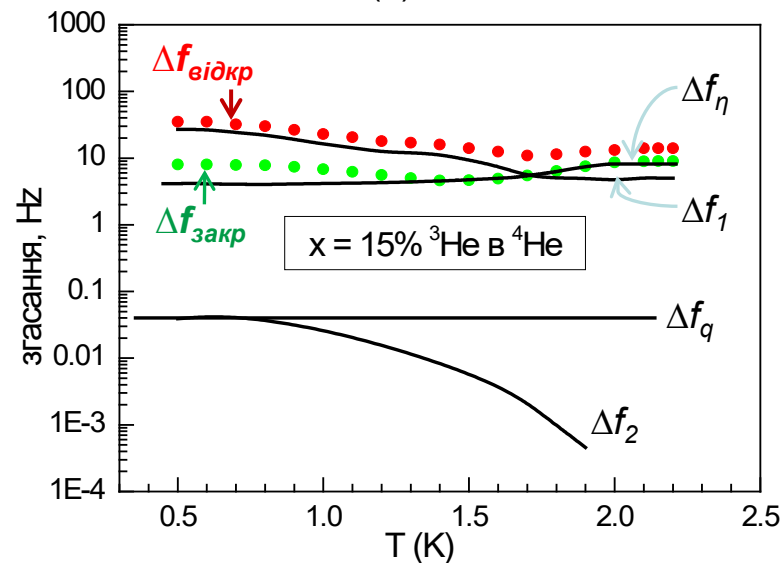
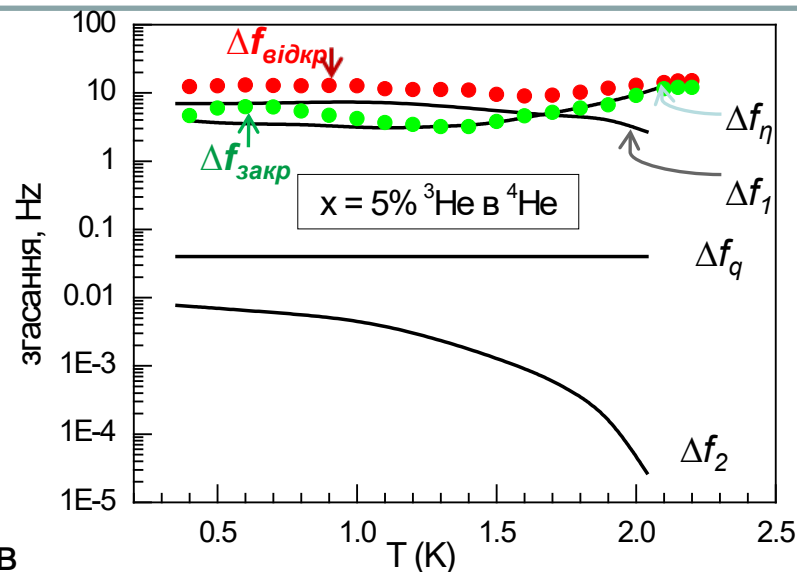


Амплітудно-частотна характеристика камертона



Відкритий та закритий камертон

Використання відкритого та закритого камертонів і вимірювань в вакуумі дозволяє відокремити різні механізми дисипації коливань камертона



Повне згасання коливань камертона

$$\Delta f_{\text{відкритий}} = \Delta f_q + \Delta f_\eta + \Delta f_1 + \Delta f_2$$

$$\Delta f_{\text{закритий}} = \Delta f_q + \Delta f_\eta + \Delta f_2$$

Δf_q - згасання в тілі камертона (вимірюється в вакуумі)

Δf_η - згасання за рахунок в'язкості (розраховується)

Δf_1 - згасання за рахунок випромінювання 1-го звуку

$$(\Delta f_1 = \Delta f_{\text{відкритий}} - \Delta f_{\text{закритий}})$$

Δf_2 - згасання за рахунок випромінювання 2-го звуку

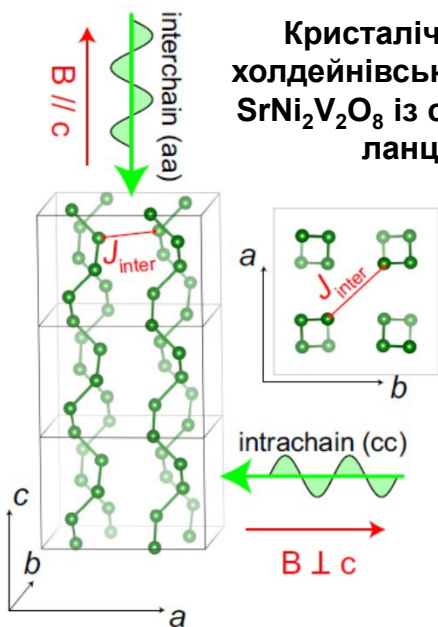
$$(\Delta f_2 = \Delta f_{\text{закритий}} - \Delta f_q - \Delta f_\eta)$$



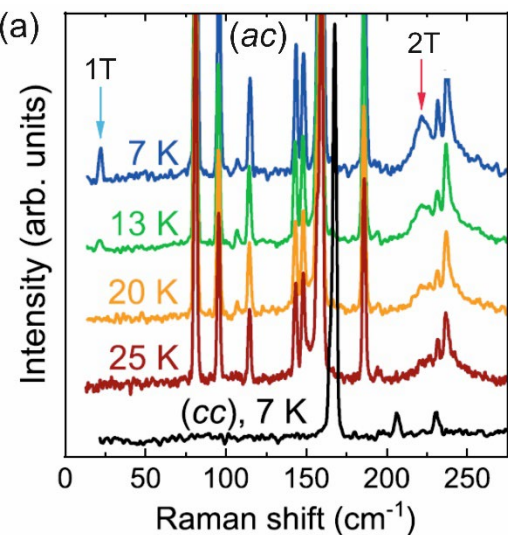
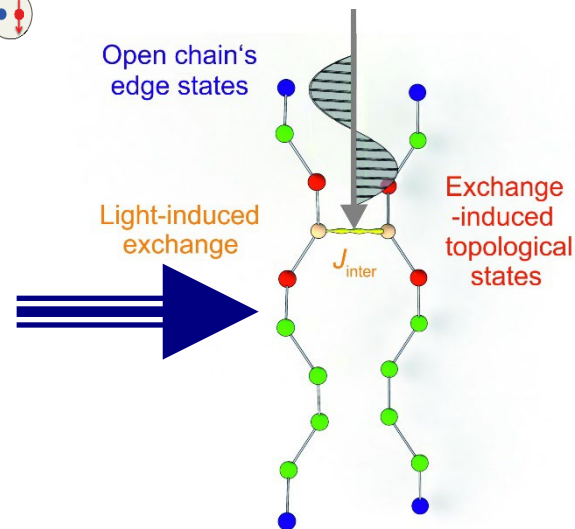
Неабелева статистика в процесах розсіювання світла на взаємодіючих холдейнівських ланцюжках

В.П. Гнезділов, В.С. Курносов та ін. (Phys. Rev. B 104, 165118 (2021) Editir's Choise)

Кристалічна структура холдейнівської $S = 1$ сполуки $\text{SrNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$ із скрученими Ni^{2+} ланцюжками

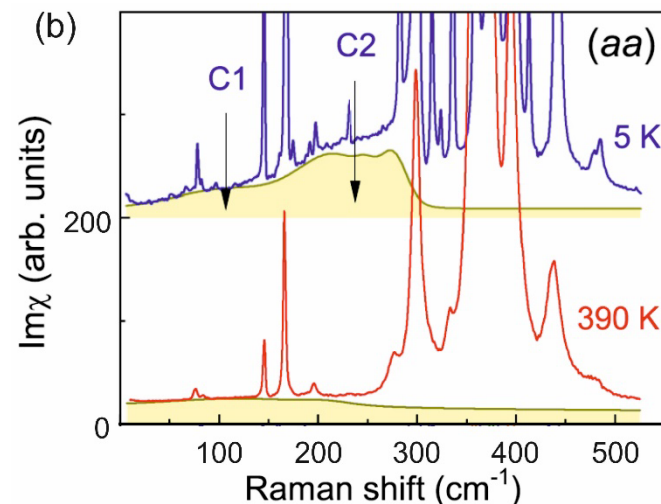


Вперше виявлено, що в квазіодновимірному холдейнівському антиферромагнетикі $\text{SrNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$ в ході раманівського процесу, завдяки обмінній взаємодії між збудженими спінами сусідніх ланцюжків, здійснюється індукування об'ємних топологічних станів, які підкоряються неабелевій статистиці аналогічно спіновим рідинам Китаєва.



Температурно залежні раманівські спектри $\text{SrNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$. Стрілки позначають одно- (1T) і двотриплетні (2T) магнітні моди.

Бозе-кориговані раманівські спектри $\text{SrNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$, отримані перпендикулярно напрямку холдейнівського ланцюга. Затінені ділянки представляють вперше спостережений нетрадиційний континуум розсіювання з двома максимумами, C1 і C2.



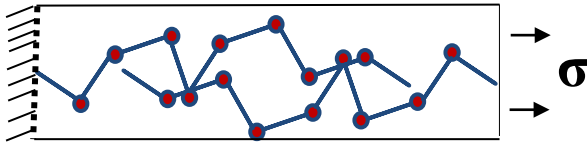


ТЕОРІЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ЕЛАСТИЧНОСТІ АМОРФНИХ ПОЛІМЕРІВ: МОЛЕКУЛЯРНА МОДЕЛЬ ТА РЕОЛОГІЧНЕ РІВНЯННЯ

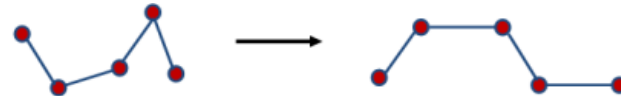
В.Д. Нацик, Г.В. Русакова, ФНТ, 48, 281 (2022)

МОЛЕКУЛЯРНА МОДЕЛЬ

Аморфний полімер – стохастично пакований молекулярний ланцюг, утворений шарнірно пов'язаними мономерами.



Елементарний акт деформації – термічно активоване виправлення нанометрових сегментів ланцюга, яке супроводжується подоланням енергетичного бар'єра U_0 з імовірністю $w \sim \exp(-U_0/kT)$.



РЕОЛОГІЧНЕ РІВНЯННЯ

Виведено нелінійне диференціальне рівняння, яке визначає самоузгоджені зміни *деформації* $\epsilon(t)$ і *деформуючої напруги* $\sigma(t)$ при деформуванні полімеру з врахуванням пониження бар'єра активації $U_0 \rightarrow U_0 - v_0 \sigma$ під дією напруги.

$$\dot{\epsilon} - M_e^{-1} \dot{\sigma} = \dot{\epsilon}_0 \exp\left(-\frac{U_0}{kT}\right) \cdot \text{sh}\left[\frac{v_0}{kT} (\sigma - M_{he} \epsilon)\right], \quad \dot{\epsilon}, \dot{\sigma} = \frac{d}{dt}(\epsilon, \sigma)$$

Параметри рівняння:

M_e, M_{he} – модулі пружності швидкої адіабатичної і повільної високоеластичної деформації;
 U_0, v_0 – енергія активації і активаційний об'єм;
 $\dot{\epsilon}_0$ – максимальне значення швидкості активації молекулярних сегментів.

Модель і відповідне їй рівняння передбачають, пояснюють і описують збереження високоеластичних резиноподібних властивостей аморфних полімерів при охолодженні до температур рідкого азоту 77 К і гелію 4,2 К: ефекти **вимушеної еластичності** та **деформаційного плавлення**. При підвищених температурах $T \geq 300$ К вони узагальнюють та уточнюють класичну модель стандартного лінійного тіла [T. Alfrey, C. Zener – 1948 p.].



Магнетоосциляції температури та поглинання мікрохвильового випромінювання в двовимірному електронному газі

Ю.П. Монарха (**J. Phys. Soc. Jpn.** 90, 073601 (2021); **ФНТ**, 47, 295, 2021)

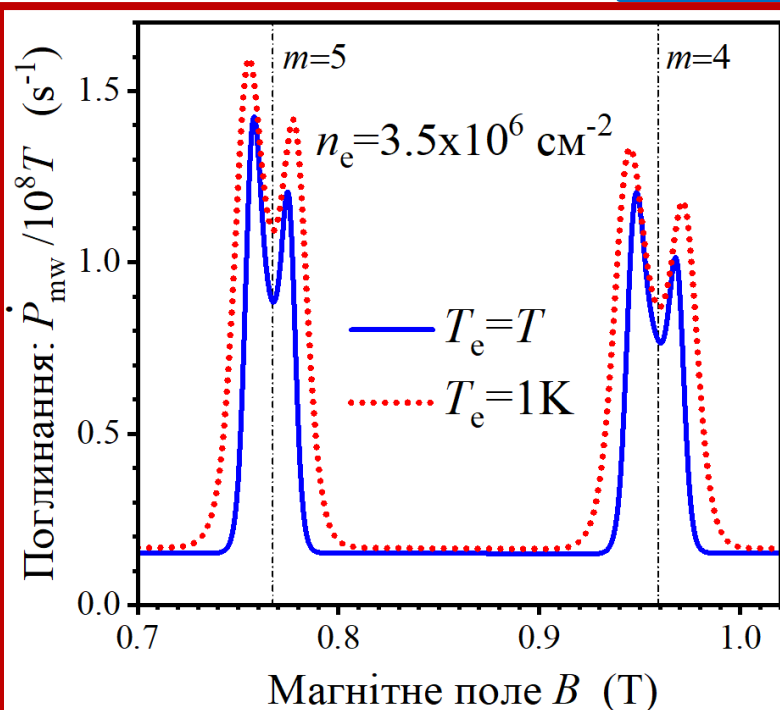
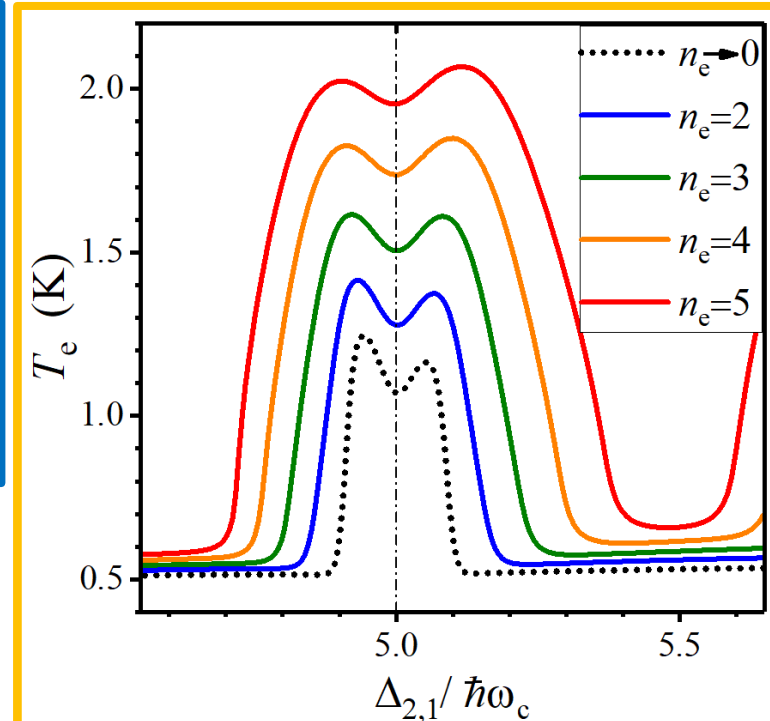
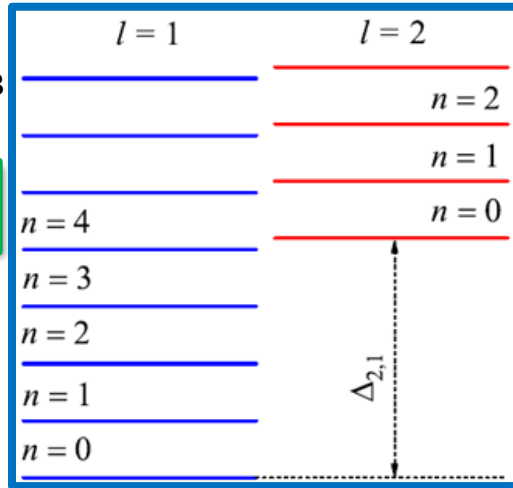
Об'єкт досліджень:

двовимірний електронний газ
на поверхні рідкого гелію.

$$\mathcal{E}_{l,n,X} = \Delta_l + \hbar\omega_c (n + 1/2)$$

$$\hbar\omega = \Delta_{2,1} \equiv \Delta_2 - \Delta_1$$

**Поглинання енергії МХ
випромінювання :**



$$\frac{\Delta_{2,1}}{\hbar\omega_c} = m$$

$$(m = 1, 2, \dots)$$

Вперше побудована теорія резонансного поглинання мікрохвильового випромінювання двовимірним електронним газом на поверхні рідкого гелію з підзонами поперечного квантування в сильному магнітному полі. Показано, що поглинання енергії і температура електронів як функції напруженості магнітного поля мають двогорбі піки там, де енергія збудження підзон стає рівною цілому числу квантів циклотронної енергії, що дає пояснення експериментальним спостереженням, проведеним в Токіо.



Метод виготовлення надпровідних наноконтактів за допомогою електричного пробою нанощару діелектрика.

С.І. Бондаренко, О.В. Кревсун, В.П. Коверя

(за програмою фундаментальних досліджень НАН України
«Перспективні фундаментальні дослідження та інноваційні розробки наноматеріалів і нанотехнологій для потреб промисловості, охорони здоров'я та сільського господарства» на 2020-2024 рр.)

Вперше у надпровідності розроблено метод виготовлення контактів Джозефсона за допомогою електричного пробою нанощару діелектрика. Контакт має вигляд сендвіча із надпровідних плівок, з'єднаних металевим містком з довжиною, що дорівнює товщині нанощару діелектрика. Новий тип контакту має більш просту технологію виготовлення, високу стабільність та широкий діапазон застосування в галузі квантових інформаційних та магнітометричних систем.

