



Лонгін Лисецький
доктор фіз.-мат. наук,
пров. наук. співр.
Інституту сцинтиляційних
матеріалів,
НТК "Інститут монокристалів"
НАН України, м. Харків



Андрій Трохимчук
доктор фіз.-мат. наук,
пров. наук. співр.
Інституту фізики
конденсованих систем
НАН України, м. Львів



Василь Шендеровський
доктор фіз.-мат. наук,
пров. наук. співр.
Інституту фізики
НАН України, м. Київ

Кристали, за якими майбутнє

**До 150-річчя відкриття рідких кристалів:
внесок львівських фізиків**

**Фізика — наука не лише про реальність,
але і про втілення мрії у реальність.**

Ігор Курчатов

**Я думаю, що в природі все зумовлює
щасливий збіг обставин.**

Платон Костюк

**Рідкі кристали прекрасні й загадкові,
і тому я їх люблю.**

П'єр-Жиль де Жен

З плином часу історія науки розставляє завжди все по своїх місцях, а нові фундаментальні знання докорінно змінюють наше буденне життя. Кажучи про "знання", маємо на увазі передусім знання фізичні, якими сьогодні послуговується практично вся царина сучасної техніки, медична діагностика і терапія. Свого часу один із перших академіків Української академії наук Йосип Косоногов писав: "... не прибільшу я, коли скажу, що сучасний стан людства є в значній мірі вислідом прогресу, наукового фізичного знання..." [1]. Ці думки вченого у виданні "Історія Академії наук України 1918-1923. Документи і матеріали" (Київ, Наукова думка, 1993) було вилучено редакційно, порівняно з оригіналом 1919 року. Очевидно, було багато тих, хто думав інакше про фізику тоді. Але і сьогодні фізика не перестає дивувати новими відкриттями, напрямками, здобутками; і в цьому аспекті з'ява в нашому інформаційному світосприйнятті терміна "рідкі кристали" не викликає якогось особливого здивування. Хоча, хто зна.

Фізика рідких кристалів є ще досить молодою галуззю науки, та використання її здобутків зробило переворот у технологіях виробництва і багато з того, що до недавня важко було уявити, стало реальністю [2].

Нині рідкі кристали (правильніше було би вживати термін рідинні) застосовуються найширше для відображення інформації (годинники, електронні записники, калькулятори, телевізори), в радіотехніці, лазерній техніці, голографії, медицині, фармакології, біології, хімії, інженерії тощо. Про рідкі кристали чули майже всі, але, можливо, внаслідок не досить зрозумілої назви для загалу, яка містить в собі суперечність, вони є чимось загадковим.

Застосування рідких кристалів

Насправді рідкі кристали об'єднують у собі властивості як твердого тіла, так і рідини, і є унікального мезоморфною (від грецького слова "мезос" - проміжний) фазою речовин або, як її називають дослідники, рідиннокристалічною. Фундаментальною властивістю рідких кристалів є одночасна відсутність трансляційного упорядкування (подібно до рідин) та наявність орієнтаційного ступеня вільності (подібно до кристалів), який характеризує макроскопічне впорядкування довгих осей молекул у просторі, що зумовлює анізотропію фізичних властивостей рідкого кристалу. А це вже створює унікальні властивості середовища, надзвичайно чутливі до зовнішніх впливів (температури, тиску, електричного та магнітного полів тощо).

Відкриття явища рідкокристалічного стану сталося півтора століття тому, хоча в більшості монографій з цієї тематики зазначено дещо менший відтинок часу.



Фрідріх Рейнітцер



Отто Леманн



Август Кундт



Застосування рідких кристалів

Сьогодні важко віднайти в історії науки і техніки інше епохальне відкриття, яке так довго проклало б собі дорогу до визнання та практичного застосування. Традиційно в історичній науці вважали, що пріоритет відкриття належить австрійському ботанику з Карлового університету у Празі *Фрідріху Рейнітцеру* та німецькому кристалографу *Отто Леманну* з Рейнського Вестфальського технічного університету у м. Ахені.

Отто Леманн був учнем видатного фізика Страсбурзького університету *Августа Кундта*, учнями якого були і наш славетний земляк *Іван Пулюй*, і великий російський фізик-експериментатор *Петро Лебедєв*.

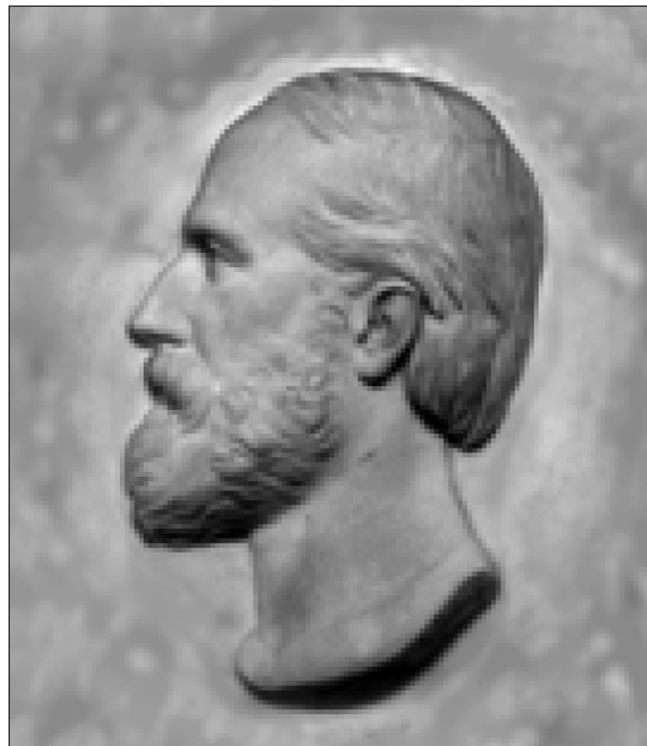
Будучи асистентом професора Вейса в Інституті фізіології рослин при Карловому (німецькому) університеті в Празі та працюючи над встановленням хімічної формули холестерину, *Рейнітцер* отримав його похідну сполуку холестерин-бензоат і несподівано виявив, що у неї є дві точки топлення (плавлення) та проміжна між твердою фазою і звичайним розтопленням, так звана фаза помутніння, яка сильно розсіює падаюче на неї світло. Окрім того, спостерігалася зміна яскравих кольорів забарвлення розтопленої речовини під час термоциклів нагрівання-охолодження. Дані цього експериментального дослідження *Рейнітцер* опублікував в австрійському щомісячнику "Monatshfte für Chemie" в 1888 році [3].

Зазначимо, що температура топлення є сталою величиною і слугує візитною карткою речовини. У разі, коли температура топлення відомої речовини змінюється, то це означає наявність у ній певних домішок (чужих атомів або інших включень у структурі).

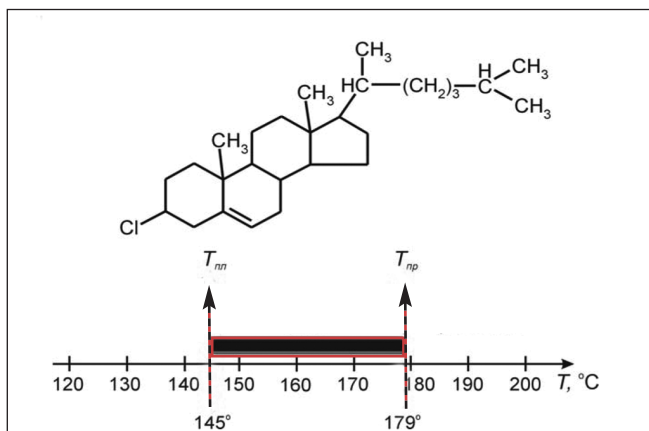
Рейнітцеру не вдалося самостійно пояснити нові явища, і він звернувся по допомогу до німецького фізика-кристалографа *Отто Леманна*. Вже наступного року *Леманн*,

використавши вдосконалений ним поляризаційний мікроскоп, встановив, що проміжна фаза є кристалоподібною структурою, бо речовина в цій фазі є анізотропною (від грецького слова "анісос" — неоднаковий). Власне тому в фізиці кристалів анізотропія — це неоднаковість механічних, оптичних, теплових та інших фізичних властивостей речовини в різних напрямках. Оскільки анізотропія є характерною ознакою твердого кристала, а речовина в мутній фазі була рідиною, то вчений і запропонував для неї термін "*рідкий кристал*" [4].

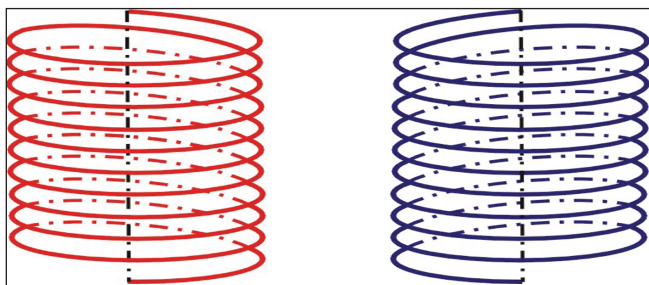
Проте навіть після цих публікацій тривалий час науковці не визнавали рідких кристалів, бо сам факт їхнього існування зруйнував би тогочасну струнку теорію про три агрегатні стани речовини: твердий, рідкий і газоподібний. Саме тому це епохальне відкриття тривалий час не знаходило практичного застосування. Заради справедливості треба зазначити, що як *Фрідріх Рейнітцер*, так і *Отто Леманн* у своїх публікаціях уже робили посилання на роботу професора анатомії Львівського університету *Юліуша Планера*, який



Барельєф Юліуша Планера
на стіні пошани Інституту анатомії в м. Грац, Австрія



Хімічна формула холестерилхлориду.
Рідкокристалічна фаза ефірів холестерину



Гвинтова вісь симетрії. Спіральна упаковка молекул

ще у 1861 році спостерігав та детально науково описав оптичне явище, яке пізніше стало характерною ознакою рідкокристалічного стану речовини [5].

В науковій літературі надто обмежена кількість повідомлень стосовно ролі вітчизняної науки у відкритті РК (рідких кристалів). Першим із таких, де згадано прізвище Планера, є дослідження харківських фізиків (Л. Лисецький, В. Семиноженко, 1988) [6]. В незалежній Україні тільки у двох працях (Ю. Храмов зі співавторами [7], 2001 р. та О. Богомоленко — аспірантки В.Ш., 2007 р. [8]) відзначена піонерська роль професора Львівського університету щодо відкриття нового класу речовини — рідких кристалів, до того ж остання авторка детально описала методику досліджень і спостережувані Планером оптико-теплові явища.

То що ж спостерігав та описав Планер у своїй науковій статті, яка нещодавно вперше була надрукована англійською мовою (Condensed Matter Physics, v.13, 37001, 2010), і як це пояснює сучасна наука? [9, 10].

Досліджуючи під мікроскопом властивості холестерилхлориду, похідної сполуки синтезованої з холестерину, він побачив його унікальні оптичні властивості та зазначив: "Холестерилхлорид... плавиться приблизно при температурі кипіння води і його розплавлені кристали в процесі охолодження дають в падаючому світлі яскраво-фіолетове забарвлення, а в прохідному — жовто-зелене".

Як відомо науці тепер, холестерилхлорид є класичним представником холестеричного РК (або холестеричної мезофази). Структура холестерика має гвинтову вісь симетрії, і якраз спіральна упаковка молекул у цій мезофазі — причина її оригінальних оптичних властивостей.

Звичайно, у своїй статті Планер не використовує сучасну термінологію, як "холестерична фаза", "рідкий кристал", "селективне відбивання", до того ж, на той час не було відомо навіть хімічної формули об'єкту досліджень (холестерину). Проте, його робота за суттю є першим документальним науковим спостереженням фізичних властивостей термотропних холестеричних рідких кристалів, їхніх фазових переходів. Саме завдяки Планеру, історія вчення про

РК розпочалася від холестерину [11]. Теоретичне пояснення зміни забарвлення РК, а по-сучасному — явища селективного відбивання світла планарною текстурою холестеричної рідкокристалічної фази, було зроблено французьким фізиком Х. де Фрізом майже через століття (в 1951 році) після експериментів Планера. А ще пізніше, в 1963 році, американський вчений Джеймс Фергюсон використав цю відому найважливішу властивість РК — змінювати забарвлення під дією температури — для виявлення невидимих людському оку теплових (інфрачервоних) випромінювань. Після того, як йому видали патент на цей винахід (U.S. Patent № 3114836), інтерес до РК виріс лавиноподібно.

Явище зміни забарвлення холестериків під дією температури до Рейнітцера, окрім Планера, спостерігали ще двоє вчених. В 1872 році хімік-медик Вільгельм Льобіш, працюючи у Відні в хімічній лабораторії знаного професора Глазіветца, синтезував холестериламін і описав зміну його кольору при 104°C із безбарвного на голубувато-фіолетовий, а також повідомив про таке саме явище у випадку холестерилхлориду [12]. Нарешті, буквально напередодні відомих дослідів Рейнітцера, в 1887 році хімік Богуслав Райманн, на той час доцент Чеського технічного університету, синтезувавши холестерилацетат і холестерилхлорид, також побачив при розплавленні-охолодженні зміну їхнього забарвлення від зеленого до червоно-оранжевого [13].

Заради справедливості треба відзначити, що в своїй знаменитій публікації Рейнітцер посилається на праці та коментує спостереження, які провели до нього Планер, Льобіш та Райманн. Цікавим є той факт, що вся четвірка вчених, причетних до згаданого відкриття, були громадянами і працювали в університетах Австрійської (пізніше Австро-Угорської) імперії за медично-біологічним фахом. Льобіш та Райманн, як і згадувані вже Планер з Рейнітцером, також не змогли самостійно пояснити отриманих експериментальних результатів і не оцінили їхнього значення. Планер, на відміну від Рейнітцера, не звернувся за поясненнями до кристалофізиків, напевно, через те, що бурхливий розвиток науки фізики кристалів припав якраз на кінець XIX ст. Іншими словами, на нашу думку, професор Львівського університету на 27 років випередив свій час [11].

В кінці XX — на початку XXI ст. в серйозних наукових монографіях з рідкокристалічної проблематики робляться спроби відновити історичну справедливість щодо першовідкривача РК. Так, наприклад, 2005 року французькі вчені П. Освальд і П. Пієранський видали монографію (обсягом 618 сторінок), де визнали пріоритет Планера нарівні з Рейнітцером: "Біологи Планер у 1861 році та Рейнітцер в 1888 році побачили непрозорість холестерину і зміну його забарвлення..." [14]. В іншій науковій монографії обсягом 505 сторінок, яка вийшла з друку 1996 року, за Планером визнано факт відкриття РК: "...відкриття рідких кристалів (Планер, 1861; Рейнітцер, 1888) і одне з їхніх перших застосувань — використання герметизованих холестеричних рідких кристалів у термометрах (Джонс, 1969; Макдонелл, 1987) відбулися завдяки саме цьому явищу" [15]. Ще в одній книзі, виданій у 2001 р., автори пишуть: "Перше спостереження рідких кристалів Планером (1861) і Рейнітцером (1888) стало можливим, дякуючи здатності їхньої кристалічної структури до селективного відбивання..." [16]. На щастя, таких авторитетних праць з'являється дедалі більше.

Ознайомлення з архівними матеріалами, які містяться в Державному архіві Львівської області та відділі рідкісної книги наукової бібліотеки Львівського національного університету ім. Івана Франка, дозволили нам вперше висвітлити життєвий та науковий шлях вченого Юліуша Планера на українській землі [11].

Юліуш Планер — першовідкривач термотропних рідких кристалів

Народився *Планер* 13 серпня 1827 року в Дьоблінгу, одному з престижних сьогодні районів Відня. У 1845-49 роках навчався на медичному факультеті знаменитого Віденського університету. З 1850 по 1854 працював у Відні першим асистентом всесвітньо відомого австрійського вченого-медика *Карла Рокитанського* (здійснив наукову революцію в медицині, зробивши патологічну анатомію основою патології та наукової медицини взагалі; заснував Нову Віденську Медичну школу). *Планер* у досить молодому віці отримав звання професора з анатомії та фізіології (1851), опублікував відомі наукові праці [17] в сфері дослідження зв'язку пігментації (зміни забарвлення і появи пігментних гранул) людської крові з різними важкими захворюваннями, займався практичним вивченням анатомії людини в міському морзі. На той час медична наукова спільнота вже визнавала заслуги молодого дослідника, а в фаховій медичній літературі його ім'я ставили поруч із такими знаними німецькими й австрійськими патологоанатомами як *Йоган Меккель* (піонер у науці тератології: вивчення вроджених дефектів і порушень у процесі ембріонального розвитку організму), *Олександр Еккер* (відкрив та дослідив розвиток мозкових звивин у зародку), *Рудольф Вірхов* (основоположник теорії клітинної патології в біології та медицині).

У 1855 році *Планер* переїжджає до Львова (в Австрійській імперії місто відоме під назвою Lemberg) на посаду ординарного професора описової анатомії, завідувача кафедри анатомії медично-хірургічного факультету при Львівському цісарсько-королівському університеті. Це підтверджують оригінали офіційних тогочасних документів: вперше прізвище вченого з'являється серед штату співробітників університету та у списку публічних лекцій викладачів у літній семестр 1855/56 навчального року.

В цьому ж навчальному році *Планер* викладає для студентів першого курсу щоденно тільки один програмний курс "Анатомія людини", який містить розділи: а) загальної анатомії, б) вчення про кістки та зв'язки і в) вчення про м'язи. Починаючи вже з наступного навчального року, як



Будівля медико-хірургічного факультету
Львівського університету
(приблизно 1860 рік).

додатковий предмет він вперше вводить курс "топографічна анатомія" і начитує його по три години на тиждень. Крім того, з літнього семестру 1857/58 навч. р. *Планер*, також вперше у Львові, чотири рази на тиждень викладає студентам додатковий спецкурс "спеціальна патологічна анатомія". Починаючи із зимового семестру 1858/59 навч. р. професор вводить ще один новий спецкурс — "загальна патологічна анатомія з демонстраціями і практичними заняттями" і проводить його три рази на тиждень.

Окрім начитування студентам додаткових спецкурсів, *Планер* зробив для Львівського університету ще одну чудову справу: заснував окремий патолого-анатомічний музей. До того ж, вчений значно оновив фізіолого-анатомічну колекцію музею медицини. Щоправда, українські дослідники медицини, визнаючи організатором анатомічного музею у Львові професора *Йозефа Берреса*, який керував кафедрою анатомії у 1817-1832 рр., чомусь не згадують про патолого-анатомічний музей *Планера*. Цікавий факт: лише в особовій справі професора *Планера* нам вдалося знайти згадку, що на час приїзду до Львова він вже був членом престижного цісарсько-королівського товариства лікарів у Відні.



Інститут анатомії в м. Грац (Австрія),
який побудовано за проектом і під керівництвом Ю. Планера,
та сучасний вигляд Інституту, що виник на його місці



У жовтні 1863 року було засновано медичний факультет в університеті міста Грац, і першим керівником кафедри анатомії там став *Планер*, який переїхав туди зі Львова. Одночасно *Планеру* присвоєно звання ординарного професора описової і топографічної анатомії. Крім того, впродовж 1865/66 навчального року вченого обирали деканом медичного факультету. Від самого початку роботи в Граці вчений активно переймається плануванням, а потім і побудовою сучасних корпусів інституту анатомії, який утворився в 1872 році на базі кафедри анатомії. Так в Європі постав науково-навчальний заклад нового типу, який став зразком для наслідування. *Планер* став першим його директором, і на цій посаді незмінно трудився до самої смерті (25 липня 1881 року). Нагадаємо, що в цьому році минає також 130 років від дня смерті *Юліуша Планера*.

Вдячні австрійці помістили на стіні пошани сучасного Інституту анатомії в м. Грац барельєф *Юліуша Планера*.

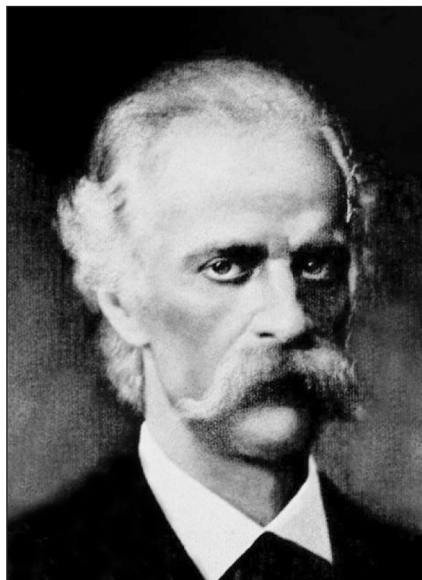
На жаль, жодної світлини вченого нами не знайдено.

Леопольд Пебаль — штрихи до біографії

Визнаючи сьогодні піонерську роль *Планера*, жоден із дослідників [18] не зазначив, що до відкриття рідкокристалічної речовини безпосередньо причетний ще один львівський вчений — відомий хімік *Леопольд Пебаль*.

Вчений *Планер* про це писав так: "За рекомендацією професора *Пебала* я подівав на холестерол трихлоридом фосфору, і отримав хлоринову сполуку холестеролу, яку я хотів використовувати надалі для синтезу інших похідних алкохолів — аналогічних сполук холестеролу" [5]. Отримана *Планером* "хлоринова сполука холестеролу" — не що інше, як знаменитий холестерин хлорид, на якому він першим у світі спостерігав незрозумілі на той час оптичні явища в певному температурному діапазоні. Завдяки спільним зусиллям цих двох вчених 1861 р. у Львівському університеті була синтезована речовина, яка стала родоначальником класу рідких кристалів. Тож вважаємо за необхідне тут дещо ширше згадати про вченого-хіміка *Пебала*.

Після відкриття в 1851 році на філософському факультеті Львівського університету хімічної кафедри, другим її керівником 1857 р. став *Леопольд Пебаль*, який очолював кафедру впродовж 9-ти років, аж до від'їзду до м. Грац.



Леопольд Пебаль

Документи того часу зафіксували, що *Л. Пебаль*, який прибув до Львова із Граца в 1857 р., вже володів титулами доктора філософії та дійсного цісарсько-королівського професора хімії [19]. Крім того, в державному архіві серед справ філософського факультету збереглася особова справа професора *Пебала*, в якій документально підтверджено його тісну співпрацю з *Планером*, що розпочалася приблизно 30 липня 1858 р., тобто незабаром після приїзду професора хімії до Львова [20]. Сприяло співпраці між вченими також те, що тоді всі факультети університету містилися в одному корпусі на вулиці Святого Миколая, яка нині називається Грушевського. Не випадково поруч із статтею *Планера* в тому ж самому номері журналу "Annalen der Chemie Pharmacie" можна побачити дві наукові публікації, автором яких є *Пебаль*. А ще серед авторів статей, надрукованих у журналі впродовж лише одного 1861 р., є такі всесвітньо відомі хіміки як *Кекуле*, *Менделєєв*, *Бутлеров*, *Купер*, *Лошмідт*. Ці факти переконливо свідчать про достатньо високий рівень розвитку хімічної науки у Львівському університеті.

Під час роботи у Львові *Л. Пебаль* відкрив загальну реакцію синтезу кетонів при взаємодії хлоридів карбоксилічних кислот із органічними сполуками цинку, що було першим вагомим внеском львівських вчених в органічну хімію; довів, що амоній хлорид при переході в газоподібний стан розкладається на амоніак і гідроген хлорид; і багато уваги надавав удосконаленню обладнання хімічної лабораторії Львівського університету.

Повернувшись до Граца (1865 р.), *Пебаль* створив там першу австрійську "школу хімії", а період його перебування на посаді керівника інституту хімії в університеті м. Грац називають "ерою *Пебала*". Мабуть, під впливом *Планера* він так само запланував створити окремий інститут нового типу, який мав стати, за його словами, "найкращою хімічною лабораторією в Європі". Після смерті вченого саме його модель була використана під час створення хімічних лабораторій у Страсбурзі, Цюриху та Берліні.

17 лютого 1887 р. *Пебаль* трагічно загинув (був застрелений своїм колишнім лаборантом, якого перед тим звільнили з посади) по дорозі з інституту додому [21]. Похований, як і *Планер*, в м. Грац. Збереглося передсмертне фото.

Тепер кілька слів, власне, щодо самого прізвища вченого *Планера*, оскільки в деяких джерелах воно подається по-різному. Скажімо, серед архівних документів, друкованих матеріалів та електронних ресурсів трапляються такі варіанти прізвища: Plauer Julius, Пляуер Юліуш, Плянер Юльян, Plauer (без імені), prof. Planer (без імені), Juliusz Plauer, Plauer/Planer Julius, Julius von Planer; Planner von Plann Julius. Проведений нами детальний аналіз усіх доступних документів дає однозначну відповідь: у всіх вищезгаданих випадках мова йде про одну й ту саму людину — першовідкривача термотропних рідких кристалів *Юліуша Планера*.

Дослідження рідких кристалів в Україні

На завершення статті коротко згадаємо про ті успіхи, яких досягнули на українській землі у сфері вивчення і дослідження рідких кристалів та виготовлення приладів на їхній основі. Починаючи від середини 1960-их років, в Україні формуються наукові центри в Києві, Харкові, Львові, котрі досліджують фізико-хімічні властивості рідких кристалів. Київські дослідники зосередились в Інститутах фізики та фізики напівпровідників НАН України. Серед відомих вчених, які проводили, в першу чергу, фундаментальні дослідження в цій галузі, слід назвати такі імена: а) Інститут фізики — *М.В. Курик*, *О.Д. Лаврентович* (вже тривалий термін — директор Інституту рідких кристалів м. Кент, США), *Ю.О. Резніков*, *В.Г. Назаренко*, *О.В. Ярошук*, *П.М. Томчук*, *Б.І. Лев*, *В.М. Пергаменчик* та *І.П. Ільчишин* (останній розробив перші лазери з



Нобелівський лауреат з фізики рідких кристалів
П'єр-Жиль де Жен

розподіленім зворотнім зв'язком на основі холестеричних РК); 6) Інститут фізики напівпровідників — *В.М. Сорокін, Р.Я. Зелінський* (розробили перші бістабільні РК дисплеї). У Харкові в Інституті монокристалів НАН України успішно працювали *Л.М. Лисецький, О.В. Толмачов, Л.А. Кутуля* та інші. Львівськими вченими та інженерами *В.В. Пархоменком, Б.М. Яворським і М.В. Тимчишиним* в СКТБ "Мікроелектроніки" ВО "Мікроприлад" було вперше в колишньому СРСР створено знакобуквені та цифрові індикатори на РК для вимірювальної техніки. Керував цими роботами професор Національного університету "Львівська Політехніка" *З.Ю. Готра* разом зі співробітниками *З.М. Микитюком і А.В. Фечаном*.

1965 року була проведена перша Міжнародна наукова конференція з проблематики РК, яка відбулася в Кентському університеті (США). До сьогодні такі конференції проводяться регулярно, випускається міжнародний журнал *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. У 2009 році у Львові була проведена перша міжнародна робоча нарада Планера-Смолуховського з фізики м'якої речовини, яка повністю присвячена тематиці рідких кристалів та колоїдних дисперсій. Поряд з іншими міжнародними науковими інституціями, організаторами цього форуму є Інститут фізики конденсованих систем НАН України та Львівський Національний університет імені Івана Франка. Окрім суто наукових завдань, за задумом її організаторів нарада Планера-Смолуховського покликана віддати данину професору *Юліушу Планеру* як першовідкривачу рідких кристалів та привернути увагу світової наукової спільноти до вікових наукових традицій Львівського університету. Чергова друга робоча нарада Планера-Смолуховського відбулася у жовтні 2011 р. Участь у роботі наради вчених із наукових центрів Європи, США, Японії та Південної Кореї є яскравим свідченням визнання ролі та місця України у світовому науковому процесі.

У 1991 році французькому фізику-теоретику *П'єру-Жильу де Жєну* була присуджена Нобелівська премія в галузі фізики за "методи вивчення параметра порядку в простих системах і розповсюдження їх на складніші структури (рідкі кристали і полімери)".

Незважаючи на те, що *Юліуш Планер* не здогадався у 1861 році, яка грандіозна наукова перспектива відкривається за спостережуваним ним новим фізичним явищем, саме його, відповідно до загальноприйнятих правил, необхідно вважати першопрохідцем у фізиці рідких кристалів. А результати, які отримав в XIX ст. австрійський вчений професор *Планер*, працюючи 9 років у науковому закладі на етнічних українських землях, а нині території сучасної України, цілком справедливо можемо вважати вагомим вкладом до скарбниці світової науки.

Автори висловлюють подяку співробітникам Інституту фізики НАН України *Б.В. Кожушко* та *І.А. Гвоздовському* за сприяння у підготовці цього матеріалу.

Література

1. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. — К.: ВД "Простір", 2009. — т. 1. — С.134-139.
2. Рідкокристалічна електроніка/ [З.Ю. Готра, Р.Я. Зелінський, З.М. Микитюк та ін.]: за ред. проф.. З. Готри. Львів: Апіорі, 2010. — 532 с.
3. Reinitzer F. Beiträge zur Kenntniss des Cholesterins // Monatshefte für Chemie. — 1888. — Bd.9. — S. 421-441.
4. Lehman O. Über fließende Kristalle // Zeitschrift für phys. Chemie. — 1889. — Bd.4. — S. 462.
5. Prof. Planer. Notiz über das Cholesterin // Annalen de Chemie und Pharmacie. — 1861. — Bd. 118. — S.25-27.
6. Семиноженко В.П., Лисецький Л.Н. Жидкие кристаллы: история, проблемы, перспективы // В книзі: Юбилей науки. — К.: Наукова думка, 1989. — С. 191-202.
7. Павленко Ю.В., Руда С.П., Хорошева С.А., Храмов Ю.О. Природознавство в Україні до початку XX ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах. — Київ: ВД "Академпериодика", 2001. — 420 с.
8. Богомоленко О.В. Піонерські дослідження рідких кристалів українськими вченими // Наука та наукознавство. — 2007. — №1. — С.113-121.
9. Lisetski L. What was observed by Julius Planer in 1861? // Condensed Matter Physics. — 2010. — Vol. 13, No 3. — С. 33604: 1-4.
10. Trokhymchuk A. On Julius Planer's 1861 paper „Notiz über das Cholesterin" in Annalen der Chemie und Pharmacie // Condensed Matter Physics. — 2010. — Vol. 13, No 3. — С. 37002: 1-4.
11. Кожушко Б. В., Шендеровський В. А. Юліуш Планер - першовідкривач рідких кристалів (відновлення пріоритету) // Наука та наукознавство. — 2010. — № 4. — С. 41-48.
12. Loebisch W. Zur Kenntniss des Cholesterins // Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. — 1872. — Vol.5. — S. 510-514.
13. Raymann B. Contribution a l'histoire de la cholesterine // Bull.de la Societe. Chim. de Paris. — 1887. — Vol. 47. — P. 898-901.
14. Oswald P., Piezanski P. Nematic and Cholesteric Liquid Crystals. Conceptsance physical properties illustrated by experiments // Science. — 2005. — P. 13.
15. Liquid crystals in complex geometries: formed by polymer and porous networks. Ed. by G. P. Crawford, S. Žumer. — CRC Press., 1996. — P. 190.
16. Chirally in Liquid Crystals. Ed. by H.- S. Kitzerow and C. Bahr. — Partially Ordred Systems Series. Published by Springer, 2001.
17. Bilyy R., Lutsyk A. A brief account of Julius Planer's life and research // Condensed Matter Physics. — 2010. — Vol. 13, №3, 37003: 1-3.
18. Сонин А.С. Дорога длиною в век: Из истории открытия и исследования жидких кристаллов. — М.: Наука, 1988. — 224 с.
19. Akademische Behörden an der k. k. Universitat zu Lemberg, sammt der Ordnung der Vorlesungen an derselben (im Sommer-Semester des Studien-Jahres 1856/57). — Lemberg: Aus der k. k. galizischen Aerarial-Staats-Druckerei, 1856. — 9 s.
20. ДАЛО, Фонд 26, Опис 5, Справа 1472, аркуш 14.
21. Organic and Bioorganic Chemistiy, Department of Chemistry Karl-Franzens-University of Graz. (History of Chemistry at the Univer. Of Graz).