

association, corresponding ways of thinking, peculiar to this culture, standard of behavior, form of rationality and sensuality.

The key questions of the present time socialization of young leaders of civil society are reflected and the innovative aspects of pedagogization of educational environment of forming modern leaders of civil society are characterized. The necessary ways of optimization of the process of socialization of modern leaders of civil society are marked: bringing students to the saturated specially organized educational process; elucidation to the process participants of the socially approving behavior models, providing them by clear vital reference-points; realization of own individually-typology features and their realization by the teachers in communicative activity; students' motivation of achievement forms in educational activity of the participants in their co-operation has a correction of communicative deformations; exposure of age and individual features of students that influence the process of their socialization. The necessity of creation of the innovative information-educational environment of forming of a young leader of civil society is certain: School Higher educational establishment, Public organization. Efficiency of socialization of young leaders of civil society is provided by integral totality of objective and subjective terms that determine the dynamics of development of the personality in information-educational space. Task of creation of educational platform for preparation of young leaders of civil society that optimizes combination of innovative technologies of studies with making of the scientifically reasonable system of mental and ethical and social pedagogical education of young leaders of spiritual creative nation is proved. The organizational-pedagogical terms connected with socialization of participants of educational environment are defined. The further objects of research are outlined in the socializing information-educational environment of forming young leaders of civil society.

Key words: *socialization, social competence, personality, information-educational environment, young leader of civil society.*

УДК 371.315.2

В. В. Неліпович

Кіровоградський державний педагогічний
університет імені Володимира Винниченка

САМОРОБНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТВІСТ-ЕФЕКТА РІДКОГО КРИСТАЛА В ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

У статті аналізується наявний фізичний експеримент, який розроблений та використовується в деяких вищих навчальних закладах під час вивчення фізичних властивостей рідких кристалів. Пропонується оригінальне саморобне обладнання для вивчення твіст-ефекта в нематичних рідких кристалах. Подається методика перетворення рідкокристалічного індикатора Motorola V50, із мобільного телефону, що вийшов із ладу, з метою отримання навчальної оптичної комірки, придатної для вивчення властивостей твіст-ефекта в рідкому кристалі. Описано властивості твіст-ефекта, на якому базується робота переважної більшості рідкокристалічних індикаторів відображення інформації. Розроблено лабораторну роботу фізичного практикуму та методику її проведення, яка може бути реалізована під час вивчення рідких кристалів й у шкільному курсі фізики та сприятиме глибокому засвоєнню й усвідомленню школярами фізичних властивостей і явищ, які лежать в основі роботи сучасних пристроїв відображення інформації, що функціонують на базі рідких кристалів. Досліджено основні фізичні параметри оптичної комірки заповненої нематичним рідким кристалом твіст структури. Результати лабораторної

роботи оформлено у вигляді таблиці та відповідних графіків, що дозволило визначити порогову напругу твіст-ефекта нематичного рідкого кристалу.

Ключові слова: рідкий кристал, твіст-ефект, фізичний практикум, шкільний курс фізики, саморобне обладнання.

Постановка проблеми. Сучасні досягнення фізичної галузі науки, що вивчає фізику рідких кристалів (РК), стрімко впроваджуються в повсякденне життя людини протягом останніх 20 років. Поряд із тим дана галузь не повною мірою представлена в курсі фізики загальноосвітньої середньої школи й особливо в аспекті забезпечення наочними та практичними засобами навчання. Адже різностороннє застосування методів навчання є необхідною умовою всебічного розвитку учнів та формує стійкий інтерес до фізичних явищ та процесів, що вивчаються.

Аналіз актуальних досліджень навчально-методичної літератури, яка стосується вивчення фізики РК, дає можливість окреслити напрями, у яких вирішуються питання створення й відтворення як демонстраційних дослідів, так і робіт фізичного практикуму з даної тематики.

Система демонстрацій, що розкриває властивості рідких кристалів, вперше в методичній літературі була описана в 1948 році професором А. Б. Млодзіївським, який розробив методику використання рідкокристалічних матеріалів під час лекційного демонстрування, яке проводилося у вищих навчальних закладах на основі оригінальних дослідів: фазові переходи рідких кристалів; аномальне повернення площини поляризації РК; моноотропність РК; мієлінові форми. При цьому використовувався кристалізаційний мікроскоп та спеціальний освітлювач [6, 146–153].

У 1978 році О. П. Капустін розробив та запропонував власні оригінальні досліді з використанням РК – плівки, що дозволяла візуалізувати інфрачервоне випромінювання від різних теплових джерел (лампа розжарення, долоня руки, електропіч тощо), при цьому на поверхні плівки утворювалися досить чіткі яскраві спектральні кольори [5, 340–344].

Дещо інші демонстраційні досліді розробили в 1980 році працівники Івановського державного університету – Л. Шабишев та Л. Валькова. Ними вперше була запропонована установка для лекційного демонстрування рідкокристалічних матеріалів [11, 92–95], основною частиною якої був нагрівальний столик, що дозволяв спостерігати поведінку досліджуваної речовини за різних температур, а відтак і в різних фазових станах. Для демонстрування дослідів з РК використовувався універсальний проекційний апарат ФОС та деталі з набору з інтерференції і дифракції світла (диски-ширми), а також деталі із набору поляризації світла – поляроїди. За допомогою запропонованої демонстраційної установки досліджували також своєрідні текстури різних рідких кристалів та за їх виглядом визначали тип РК. Це дозволило знайомити студентів із поляризаційно-мікроскопічним

методом дослідження РК речовин, який, як науковий метод експериментального дослідження, досить широко використовується в науці.

Оригінальні досліди для демонстрації властивостей рідких кристалів з використанням саморобного обладнання були запропоновані в 1989 р. учителем фізики Г. Т. Горбуновим: демонстрація рідкокристалічного стану; демонстрація електрооптичного явища (динамічне розсіювання світла) в рідкому кристалі [2, 78–80].

У 1992 році В. Ф. Савченко та М. І. Гриценко розглядають можливість використання рідкокристалічних термоіндикаторів у навчальному фізичному експерименті [9].

Більш детально й комплексно до вирішення проблеми створення навчального експерименту, який відтворював основні властивості РК, підійшли М. І. Гриценко та О. П. Ситников. Ними була розпочата робота з розробки лабораторного практикуму для студентів фізичних спеціальностей педагогічних ВНЗ [3], у результаті чого було створено та описано сім лабораторних робіт, які проводилися на базі Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка [10]: вивчення фазових переходів у рідких кристалах за зміною текстур; перехід Фредерікса в електричному полі (S-ефект); кероване електричним полем подвійне променезаломлення в нематичному рідкому кристалі (B-ефект); електрооптичні ефекти в нематичних рідких кристалах під впливом електричного струму провідності; холестерико-нематичний перехід у нематичному рідкому кристалі з індукованою спіральною структурою; дослідження температурної залежності питомої електропровідності рідких кристалів; селективне відбивання світла холестеричними рідкими кристалами.

Згодом, у 2013 р. М. І. Гриценком разом з авторським колективом розроблений лабораторний практикум для студентів ВНЗ [4], у якому описано методику проведення десяти лабораторних робіт. Фактично даний посібник є продовженням серії попередніх та містить такі нові роботи: вивчення кроку холестеричної спіралі методом дослідження текстури холестериків; вимірювання коефіцієнтів в'язкості Мієсовича в нематиках методом Стокса.

З метою ефективного ознайомлення старшокласників з фізичними основами рідких кристалів та прикладами практичного їхнього використання С. П. Величко та В. В. Неліпович на базі Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка розробили комплекс методичного забезпечення [1], який розкриває основні теоретичні відомості про фізику РК та включає серію демонстрацій і низку робіт фізичного практикуму, що представлені у вигляді програмного педагогічного засобу (ППЗ) «Віртуальна фізична лабораторія з вивчення властивостей рідких кристалів» [7]. Демонстраційний експеримент в умовах віртуальної фізичної лабораторії дозволяє відтворити сім

демонстраційних дослідів. При цьому користувач самостійно збирає демонстраційну установку та активно впливає на зміну параметрів досліджуваного об'єкта, що дозволяє максимально наблизити експеримент, що моделюється на моніторі комп'ютера, до реального.

Запропонований фізичний практикум на основі розробленого ППЗ представлений п'ятьма лабораторними роботами, під час виконання яких користувач активно змінює параметри досліджуваної установки та фіксує відповідні покази приладів для подальшої їх обробки.

Згодом автори запропонували факультативний спецкурс «Рідкі кристали та їх властивості» [8] та його методичне забезпечення, що дозволяє повноцінно вивчати фізику РК у шкільному курсі, а саме запропоновано програму, тематичне та поурочне планування факультативних занять спецкурсу. Причому в розроблених і запропонованих методичних рекомендаціях містяться практичні поради з підготовки, організації і проведення практичних та лабораторних занять, наводиться набір завдань у вигляді тестів для проведення контролю знань учнів, перелік тем індивідуальних дослідницьких завдань для розширення змісту та активізації пошукової навчальної діяльності школярів. Переважна більшість демонстрацій та лабораторні роботи проводяться на базі ППЗ «Віртуальна фізична лабораторія з вивчення властивостей рідких кристалів» [7]. Таким чином, за відсутності в шкільному фізичному кабінеті необхідного навчального обладнання принцип наочності реалізується досить ефективно засобами інформаційно-комунікаційних технологій.

Отже, аналізуючи розглянуті навчальні досліді, можна стверджувати, що, по-перше, одночасно з включенням теоретичного матеріалу про рідкі кристали в курс загальної фізики та шкільний курс фізики відбувалася розробка відповідного навчального фізичного експерименту, який мав на меті забезпечити принцип наочності під час викладання нового матеріалу. По-друге, незважаючи на труднощі в розробці та створенні навчальних дослідів, що обумовлено потребами в забезпеченні доступності сприйняття сутності фізичних основ рідкокристалічних матеріалів, багато дослідників досягли в цьому питанні певних успіхів. По-третє, навчальний фізичний експеримент, що стосується фізики РК, більшою мірою спрямований на забезпечення викладання загального курсу фізики у ВНЗ. По-четверте, можна констатувати відсутність будь-якого шкільного фізичного обладнання для забезпечення експериментального вивчення фізики РК у загальноосвітніх навчальних закладах, що створює проблеми в засвоєнні та усвідомленні школярами фізичних законів і явищ, які мають місце в рідких кристалах особливо в аспекті їх практичного використання для відображення інформації.

Мета статті. Для вивчення та розуміння явищ, що відбуваються в сучасних пристроях, які працюють на відображенні інформації за

допомогою РК-дисплея (зокрема, мобільні телефони, смартфони, планшети, нетбуки, ноутбуки, телевізори з РК-дисплеями тощо) і стали невід'ємними атрибутами в повсякденному житті, нами розроблено та запропоновано саморобне обладнання, що дозволяє провести досить серйозне навчальне дослідження. Причому створення даного саморобного обладнання є доступним для більшості вчителів фізики.

Виклад основного матеріалу. Робота переважної більшості сучасних пристроїв відображення інформації з використанням РК-дисплеїв базується на явищі твіст-ефекта, який спостерігається в нематичному рідкому кристалі (НРК) з додатною анізотропією діелектричної проникності ($\Delta\epsilon > 0$), що має твіст-орієнтацію. При твіст-орієнтації молекули РК, що знаходиться в оптичній комірці (ОК), вибудовуються у вигляді $\frac{1}{4}$ витка спіралі (рис. 1а). Якщо уявно розбити таку структуру РК у комірці на шари, що є паралельними до обмежуючих поверхонь комірки, то при переході від одного шару до іншого спостерігатимемо поворот молекул РК на невеликий кут. Така комірка є оптично активною, тобто повертає площину поляризації падаючого плоскополяризованого пучка на кут $\pi/2$ і володіє двопроменезаломлюючими властивостями. Причому, поворот площини поляризації відбувається за умови:

$$\lambda \ll (n_n - n_z)P_o, \quad (1)$$

де λ – довжина падаючої хвилі на твіст-структуру, n_z і n_n – відповідно показники заломлення для звичайного і незвичайного пучків, P_o – крок спіралі молекул рідкого кристала.

У нашому випадку $P_o = 4 \cdot d$, де d – товщина оптичної комірки.

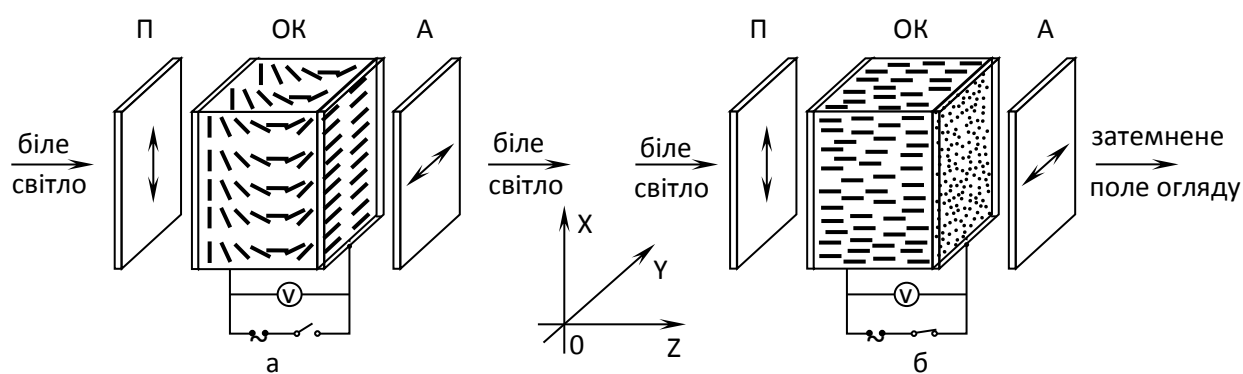


Рис. 1.

Явище твіст-ефекта: а) $U = 0$; б) $U > U_n$

Тому умову (1) можна подати у вигляді:

$$\lambda/4 \ll (n_n - n_z)d. \quad (2)$$

Умова (2) виконується для всіх хвиль видимого діапазону, коли використовуються оптичні комірки товщиною 10 мкм і більше.

Якщо на таку оптичну комірку подати електричну напругу, більшу чи рівну значенню порогової напруги, то виникає орієнтаційний ефект, який

набув назву твіст-ефект. Він полягає в переорієнтації молекул НРК з твіст-структури до гомеотропної орієнтації (перпендикулярно електродам), тобто молекули РК орієнтуються вздовж силових ліній електричного поля (рис. 1б).

Порогова напруга при твіст-ефекті визначається виразом:

$$U_{\Pi} = \pi \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_0 \Delta \varepsilon} \left(K_{11} + \frac{1}{4} (K_{33} - 2K_{22}) \right)}, \quad (3)$$

де K_{11} , K_{33} , K_{22} – модулі пружності НРК для деформації відповідно поперечного, поздовжнього вигину та деформації кручення, ε_0 – електрична стала, $\Delta \varepsilon$ – анізотропія діелектричної проникності.

Отже, для дослідження твіст-ефекта потрібно зібрати експериментальну установку, одним із головних елементів якої є оптична комірка з рідким кристалом. Для цього необхідно синтезувати НРК, створити оптичну комірку та, використавши відповідну методику, заповнити її рідким кристалом для утворення твіст-структури. На практиці це вимагає наявності специфічного обладнання, матеріалів та висококваліфікованих фахівців, що є суттєвою перешкодою для експериментального вивчення фізики РК не лише в середніх загальноосвітніх закладах, а й у переважній більшості ВНЗ. Нами запропонована методика, яка дозволяє отримати РК комірку з доступних матеріалів та створити на її базі відповідне саморобне обладнання. В якості експериментальної ОК ми пропонуємо використати вже готову РК комірку твіст-структури, яку можна отримати, перетворивши певним чином чорно-білий дисплей мобільного телефону, робота якого базується на явищі твіст-ефекта. Для цього достатньо з мобільного телефону, який, наприклад, вийшов з ладу, акуратно демонтувати дисплей. Зазвичай, такий дисплей складається з двох прозорих скляних пластинок, між якими розміщено рідкий кристал. На зовнішній стороні скляних пластинок приклеєні з одного боку поляризатор (П), а з іншого аналізатор (А) та дзеркало.

Роботу такого чорно-білого РК-дисплея проаналізуємо, використавши в якості ілюстрації рис. 1. За таких умов у схемі «поляризатор – оптична комірка – аналізатор» достатньо розмістити за аналізатором дзеркало. Тоді у випадку, коли на ОК не подається електрична напруга – $U = 0$ В (рис. 1а), світловий пучок вільно проходить систему «поляризатор – ОК – аналізатор» та відбивається від дзеркала, яке спрямовує пучок у зворотному напрямку. При цьому завдяки твіст-структурі поляризований світловий пучок безперешкодно проходить через рідкий кристал, а спостерігач бачить біле світло. За умови, що на РК-дисплей подається керуюча електрична напруга ($U \geq U_{\Pi}$), спостерігаємо твіст-ефект (рис. 1б). У такому випадку світловий пучок, пройшовши через поляризатор та рідкий кристал, молекули якого вже зорієнтувалися перпендикулярно електродам та не повертають площину поляризації світлового пучка, поглинається аналізатором і, відповідно, не

потрапляє на дзеркало – спостерігач бачить затемнене поле огляду.

Конструкцію РК-дисплея від телефону, що вийшов із ладу з інших причин, достатньо дещо змінити для отримання необхідної нам експериментальної комірки. Для цього акуратно, наприклад, канцелярським ножом, демонтуємо дзеркало, не пошкодивши аналізатор. Після такого видалення в нас залишається ОК, будова якої схематично зображена на рис. 1а. Зауважимо, що після видалення дзеркала на аналізаторі залишається частина клею, його можна видалити, хоча й він не спотворює роботу ОК. Тому цей шар клею можна залишити на аналізаторі, але при цьому необхідно досить акуратно поводитися з ним, аби не залишати відбитки пальців, намагатися уникнути контакту із середовищем, яке містить пил, бруд тощо. У результаті таких перетворень маємо ОК, яка готова для досліджень, але до її електродів потрібно приєднати провідники та змонтувати її у відповідну конструкцію, яка буде захищати ОК від механічних пошкоджень та надасть їй естетичного вигляду.

Для з'єднання провідників з електродами ОК потрібно з'ясувати, яким чином вони побудовані та як керують нею. Отже, геометрія електродів оптичної комірки, що використовується в рідкокристалічних дисплеях, має форму системи паралельних тонких електродів, напилених на внутрішню поверхню обмежуючих скляних пластинок, причому пластинки розміщені таким чином, що їх електроди взаємно перпендикулярні (рис. 2). Така конструкція дозволяє реалізувати формування зображення, що забезпечується складною електронною

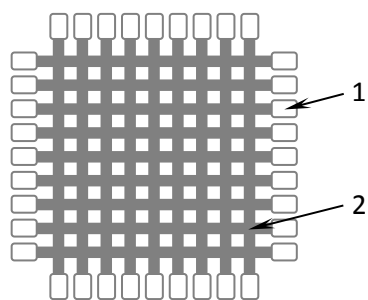


Рис. 2. Схема розташування електродів матричного дисплея: 1 – контакт-на шина; 2 – елемент зображення (піксель)

схемою – використовується так званий матричний принцип управління ОК. Тобто напруга подається на цілий рядок: на один з горизонтальних електродів подається збуджувальний імпульс певної амплітуди, а на всі вертикальні – інформаційний імпульс. У результаті всі елементи даного рядка спалахують одночасно, але з різною яскравістю, зумовленою амплітудами

інформаційних імпульсів.

Переорієнтація всієї речовини рідкого кристалу, що розміщений у РК-дисплеї, забезпечить умови для вивчення твіст-ефекта. Для цього необхідно одночасно подати керуючу напругу на всі контакти електродів відповідно однієї та іншої скляної пластинки. Це можливо реалізувати, якщо обережно з'єднати між собою контакти шини кожної з обмежуючих скляних пластинок. Це дозволить вивести лише по-одному провіднику від кожної із систем

електродів на скляних пластинках. На практиці, як показали наші дослідження та експериментування з різними РК-дисплеями деяких фірм виробників, дана задача є досить складною. Адже в усіх РК-дисплеях напругу, яка подається на окремі електроди, регулює спеціальний мікропроцесор, який міститься безпосередньо на дисплеї, і обійти його, не пошкодивши окремі елементи, виявилось досить проблематично.

У результаті пошуків нам вдалося знайти модель дисплея, у якому такий процесор з'єднувався з ОК не прямо, а шлейфом. Такою моделлю виявився чорно-білий дисплей Motorola V50. Отже, акуратно видаливши процесор від ОК, нам вдалося припаяти контакти до шлейфа, це дозволило приєднати джерело напруги з метою перевірки залежності оптичних властивостей твіст-ефекта (рис. 3б).

Наступним кроком є розміщення досліджуваної ОК в оболонку, яка захищає дисплей від пошкоджень та дозволяє виконати відповідну лабораторну роботу. Для цього конструкцію пропонуємо зібрати в металевому чохлі, у якому знаходився кадр діафільму. Змонтувавши в середину такої оболонки ОК та приєднавши провідники від ОК до заздалегідь встановлених у неї контактів, дана конструкція стає придатною до експлуатування (рис. 3а).



а



б

Рис. 3. Експериментальна оптична комірка: а – вигляд ззовні;
б – елементи з'єднання провідників з ОК

Вивчення явища твіст-ефекта полягає в такому. Необхідно зібрати лабораторну установку за схемою, що показана на рис. 4, яка складається з лазера, оптичної комірки, мікроамперметра, вольтметра, фотоелемента та джерела змінної напруги.

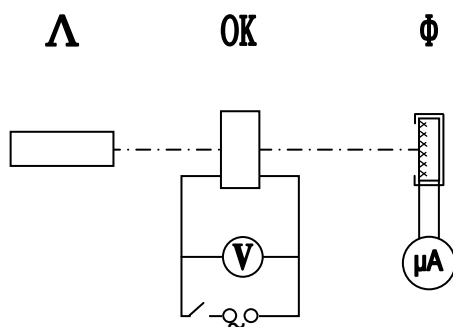


Рис. 4. Схема установки для вивчення твіст-ефекта: Л – лазер; ОК – оптична комірка; Ф – фотоелемент



Рис. 5. Загальний вигляд експериментальної установки

Загальний вигляд установки зображено на рис. 5.

Для кількісного дослідження твіст-ефекта необхідно на звуковому генераторі встановити частоту 1000 Гц, а напругу змінювати в межах від 0 до 2,5 В через кожні 0,1 В та фіксувати значення фотоструму. Це дозволяє встановити відповідну залежність між інтенсивністю світлового пучка та керуючою напругою при твіст-ефекті. Таку залежність подають у вигляді графіка $I = f(U)$.

Для оцінки порогового значення напруги краще використати графік вольт-контрастної характеристики твіст-ефекта – $K = f(U)$. Під контрастним відношенням K розуміють відношення фотоструму I' (при $U = 0$ В) до I_i – струму при i -тому значенні керуючої напруги U_i : $K = I' / I_i$. За графіком $K = f(U)$ визначаємо значення порогової напруги в точці крутого підйому лінії графіка.

Подаємо результати лабораторної роботи з вивчення РК на тему: *Дослідження оптичних характеристик твіст-ефекта.*

Мета цієї роботи передбачає виявлення особливостей переорієнтації електричним полем молекул нематичного рідкого кристала, що має твіст-структуру; установлення залежності зміни інтенсивності пропускання світлового пучка твіст-структурою від керуючої напруги та побудова графіку залежності $I = f(U)$ та вольт-контрастної кривої $K = f(U)$, а на її основі оцінення напруги переорієнтації молекул НРК при твіст-ефекті.

Для виконання роботи використовується *обладнання*: навчальна модель лазера ЛГН-109, рідкокристалічна ОК, звуковий генератор ГЗШ-63, вольтметр, мікроамперметр М194, фотоелемент ФД-К-155, вимикач, провідники.

Виконання роботи передбачає зібрання установки за схемою на рис. 4, увімкнення живлення мікроамперметра й визначення фотоструму I_0 , що відповідає інтенсивності розсіяного в приміщенні світла. Згодом увімкнувши лазер та зорієнтувавши ОК, щоб досягнути максимального освітлення фотоелемента, зняти покази мікроамперметра, які досягають

максимального значення. Встановити на звуковому генераторі частоту змінного струму 1000 Гц і поступово змінюючи напругу, починаючи з 0 В, через кожні 0,1 В записати значення фотоструму I^* , що відповідає сумарному випромінюванню, яке падає на фотоелемент. Тоді фотострум, що відповідає інтенсивності лазерного пучка, буде $I = I^* - I_0$. Досягти повної переорієнтації молекул РК, коли інтенсивність лазерного пучка, що проходить ОК, мінімальна, і фотострум мінімальний.

За даними таблиці побудувати графік залежності $I = f(U)$.

Обчислити контрастне відношення $K = I' / I_i$, де I' – інтенсивність пучка, що пройшов через комірку при $U = 0$ В, I_i – відповідно інтенсивність пучка при зміні напруги від 0 В до повної переорієнтації молекул РК.

Побудувати графік залежності контрастного відношення від напруги $K = f(U)$ і за цим графіком оцінити напругу U_n , при якій відбувається повна переорієнтація молекул РК. U_n характеризує початок крутого підйому вольт-контрастної характеристики.

Проаналізувати отримані результати та зробити висновки.

До лабораторної роботи коректні такі контрольні запитання

1. Що розуміють під твіст-ефектом?
2. Яка особливість будови рідкого кристалу, що має твіст-структуру?
3. Поясніть відмінність між звичайним та незвичайним пучком?
4. Яке призначення фотоелемента та мікроамперметра в установці?

Під час виконання дослідницької роботи з описаною оптичною коміркою були одержані результати, представлені в табл. 1 в результаті яких є можливість побудувати графік залежності $I = f(U)$ (рис.6) та графік $K = f(U)$ (рис. 7).

Таблиця 1

Результати виконаного експерименту

№ п/п	U , В	I_0 , мкА	I^* , мкА	I , мкА	K	U_n , В
1	0	0,5	24	23,5	1,00	1,4
2	0,1	0,5	24,2	23,7	0,99	
3	0,2	0,5	23,8	23,3	1,01	
4	0,3	0,5	24	23,5	1,00	
5	0,4	0,5	24,4	23,9	0,98	
6	0,5	0,5	24	23,5	1,00	
7	0,6	0,5	24,2	23,7	0,99	
8	0,7	0,5	23,8	23,3	1,01	
9	0,8	0,5	24	23,5	1,00	
10	0,9	0,5	24,4	23,9	0,98	
11	1,0	0,5	24,4	23,9	0,98	
12	1,1	0,5	24	23,5	1,00	
13	1,2	0,5	23,6	23,1	1,02	
14	1,3	0,5	22	21,5	1,09	
15	1,4	0,5	19,4	18,9	1,24	
16	1,5	0,5	6,6	6,1	3,85	
17	1,6	0,5	3	2,5	9,40	
18	1,7	0,5	2,6	2,1	11,19	

19	1,8	0,5	2	1,5	15,67
20	1,9	0,5	1,6	1,1	21,36
21	2,0	0,5	1,4	0,9	26,11
22	2,1	0,5	1,4	0,9	26,11
23	2,2	0,5	1,6	1,1	21,36
24	2,3	0,5	1,4	0,9	26,11

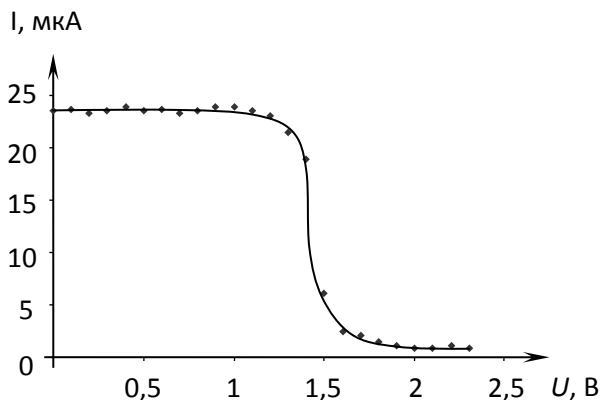


Рис. 6. Залежності інтенсивності лазерного пучка від напруги при твіст-ефекті

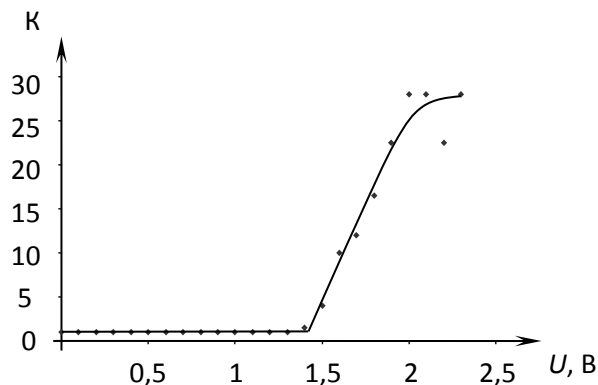


Рис. 7. Вольт-контрастна характеристика твіст-ефекта

За графіком вольт-контрастного відношення визначаємо порогову напругу твіст-ефекта: $U_n = 1,4$ В.

З урахуванням одержаних результатів, можна зробити такі **висновки та окреслити перспективи подальших наукових розвідок**. Запропонована методика створення саморобного обладнання з доступних матеріалів у поєднанні з наявним обладнанням шкільного фізичного кабінету дозволяє реалізувати експериментальне вивчення оптичних характеристик твіст-ефекта рідкого кристалу. Відтак, розроблена лабораторна робота фізичного практикуму забезпечує принцип наочності під час вивчення фізики рідких кристалів у загальноосвітній школі та сприяє розумінню учнями процесів, які відбуваються в пристроях, де використовуються сучасні методи відображення інформації за допомогою РК-дисплеїв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Величко С. П. Вивчення фізичних властивостей рідких кристалів у середній загальноосвітній школі: посібник для вчителів / Величко С. П., Неліпович В. В. ; за ред. С. П. Величка. – Херсон : Айлант, 2010. – 180 с.
2. Горбунов Г. Т. К изучению жидкокристаллического вещества / Г. Т. Горбунов // Физика в школе. – 1989. – № 5. – С. 78–80.
3. Гриценко М. І. Лабораторний практикум: Фізика кристалів для фізичних спеціальностей педагогічних вузів / М. І. Гриценко, О. П. Ситников // Наук. вісн. Миколаїв. держ. пед. ун-ту. – Миколаїв : МДПУ, 1999. – Вип. І. – С. 22–26.
4. Гриценко М. І. Лабораторний практикум з фізики рідких кристалів : [навч. посібник] / М. І. Гриценко, О. В. Мельничук, М. В. Мошель та ін. – Ніжин : Видавництво НДУ ім. М.Гоголя, 2013. – 141с.
5. Капустин А. П. Экспериментальное исследование жидких кристаллов / А. П. Капустин. – М. : «Наука», 1978. – 368 с.

6. Млодзиевский А. Б. Лекционные демонстрации по физике. Общие указания. Молекулярная физика и термодинамика / А. Б. Млодзиевский. – М.-Л. : ОГИЗ, 1948. – Вып. 1. – 181 с.
7. Неліпович В. В. Віртуальна фізична лабораторія з вивчення властивостей рідких кристалів [Електронний ресурс]: програмний педагогічний засіб / авт. В. В. Неліпович ; наук. консульт. С. П. Величко; програміст В. І. Резніченко. – Кіровоград : [б. в.], 2008. – 1 опт. диск (CD-R). – Систем. вимоги: Pentium III; 128 Mb RAM; CD-ROM; Windows 98 SE / 2000 / XP; Macromedia Flash Player 6. – Назва з етикетки диска.
8. Неліпович В. В. Рідкі кристали та їх властивості. Факультативний курс / за ред. професора С. П. Величка. – Х. : Основа, 2011. – 110 с. – (Б-ка журн. «Фізика в школах України» ; Вип. 6 (90)).
9. Савченко В. Ф. Рідкокристалічні термоіндикатори в фізичному навчальному експерименті / В. Ф. Савченко, М. І. Гриценко // Тези доп. на міжвуз. наук.-практ. конф. «Питання педагогіки та методики вищої школи». – Чернігів, 1992. – С. 21–25.
10. Ситников О. П. Фізика рідких кристалів. Лабораторний практикум : [навч. посібник] / О. П. Ситников. – Чернігів : Чернігівський державний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка, 2001. – 68 с.
11. Шабышев Л. Установка для лекционной демонстрации по теме «Жидкие кристаллы» / Л. Шабышев, Л. Валькова // Жидкие кристаллы и их применение: Межвузовский сборник научных трудов. – Иваново : ИВГУ, 1980. – С. 92–95.

РЕЗЮМЕ

Нелипович В. В. Самодельное оборудование для исследования твист-эффекта жидкого кристалла в общеобразовательной школе.

В статье анализируется имеющийся физический эксперимент, который разработан и используется в некоторых высших учебных заведениях при изучении физических свойств жидких кристаллов. Предлагается оригинальное самодельное оборудование для изучения твист-эффекта в нематических жидких кристаллах. Предлагается методика переоборудования жидкокристаллического индикатора Motorola V50, из вышедшего из строя мобильного телефона, с целью получения оптической ячейки, которая пригодна для изучения свойств твист-эффекта в жидком кристалле. Описаны свойства твист-эффекта, на котором базируется работа большинства жидкокристаллических индикаторов отображения информации. Разработана лабораторная работа физического практикума и методика ее проведения, которая может быть реализована при изучении жидких кристаллов в школьном курсе физики и способствовать глубокому усвоению и пониманию школьниками физических свойств и явлений, которые лежат в основе работы современных устройств отображения информации, функционирующих на базе жидких кристаллов. Исследованы основные физические параметры оптической ячейки заполненной нематическим жидким кристаллом твист структуры. Результаты лабораторной работы оформлены в виде таблицы и соответствующих графиков, что позволило определить пороговое напряжение твист-эффекта нематического жидкого кристалла.

Ключевые слова: жидкий кристалл, твист-эффект, физический практикум, школьный курс физики, самодельное оборудование.

SUMMARY

Nelipovich V. Labmade equipment for exploring liquid crystal twist-effect at the comprehensive school.

The paper analyses existing physical experiment, which has been designed and is currently used at a number of higher educational establishments while studying physical properties of liquid crystals. It suggests original labmade equipment used for studying twist-

effect in nematic liquid crystals. The paper describes methods for transforming LCD indicator of a Motorola V50, which doesn't work properly, to get a studying optical cell, apt for exploring twist effect properties in liquid crystal. The article describes twist effect features, on which the work of most LCD data displaying indicators is based. A workshop of a physical laboratory session and methods of its conducting has been worked out. It can be employed at a Physics lesson while teaching liquid crystals to school students. This promotes deeper understanding of physical properties and phenomena on which modern data displaying appliances that function at the base of liquid crystals are grounded. Basic physical parameters of an optical sell filled with nematic liquid crystal of a twist structure have been surveyed. The results of a physical workshop have been arranged in a table and corresponding diagrams, which permitted to define limit voltage of the twist effect in nematic liquid crystals.

The technique of creating labmade equipment from available materials in combination with existing equipment of a school physical classroom allows to implement experimental study of the optical characteristics of the twist effect of the liquid crystal. Therefore, the developed lab physical workshop provides the principle of clarity in the study of the physics of liquid crystals in a secondary school and contributes to students' understanding of the processes occurring in the devices, where the use of modern methods of information display using LCD displays.

Key words: *liquid crystal, twist effect, physical laboratory session, school Physics course, labmade equipment.*