

## ПІДРУЧНИК З ФІЗИКИ ПОЛІМЕРІВ ЯК ДИДАКТИЧНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ЗНАТЬ ПРО МАКРОМОЛЕКУЛЯРНІ ОБ'ЄКТИ У МАЙБУТНІХ ПЕДАГОГІВ.

*Аналізуються підручники з фізики полімерів на основі дидактичних підходів. Пропонується структура і зміст підручника для вивчення властивостей полімерів майбутніми вчителями фізики.*

**Ключові слова:** підручник, дидактична система, макромолекула, фізика полімерів, вчитель фізики.

**Постановка проблеми.** Важливим засобом навчання є підручник, який розглядається як дидактична система, яка не тільки розкриває зміст навчання, а й є специфічною моделлю процесу навчання [1]. Для більшості студентів підручник є джерелом інформації знань про полімери, їх системи та властивості, носієм змісту навчання і одночасно є засобом навчання. Розроблення і створення підручника вимагає виконання наступних вимог: а) глибокого знання суті науки про полімери, її методології, сучасного рівня розвитку; місця і значення в системі природничих наук та перспектив її розвитку на найближчі 3-5 років; б) здійснення відбору основного навчального матеріалу з цієї галузі знань з дотриманням принципів доступності і системності; в) передбачення навчальних ситуацій при його реалізації; г) знання закономірностей процесу навчання, ґрунтовні знання з вікової та педагогічної психології; д) дидактичні основи засвоєння навчального матеріалу. Такий підхід до створення підручника вимагає від авторів бути фахівцями високої кваліфікації в області фундаментальної науки (фізики і хімії полімерів), досконало знати методику викладання, володіти теоретично-експериментальними знаннями психолога і бути підготовленим викладачем-практиком.

В дидактичну систему підручника, як засобу навчання слід включити навчальний посібник, лабораторний практикум і практикум розв'язування задач, дидактичний матеріал, словники, довідники. Аналіз навчальної літератури та видань вказує на те, що чіткої межі (розділення) між підручниками, посібниками і практикумами не існує. Автори сучасних підручників і посібників намагаються включити в них і дидактичні матеріали, довідникові, а також лабораторний практикум. Більшість навчальних видань поєднує ознаки посібника і практикуму.

**Мета роботи** полягає в тому, щоб проаналізувати підручники, практикуми з науки про полімери та запропонувати «універсальний» за змістом і структурою посібник як дидактичну систему формування знань про макромолекулярні матеріали у майбутніх педагогів.

**Виклад основного матеріалу.** При вивченні фізики макромолекулярних систем та формуванні знань про полімерні матеріали в майбутніх вчителів фізики використання існуючих підручників визначається рівнем фундаментальної підготовки студентів та їх здатністю сприйняття інформаційних потоків науки про полімери. Аналіз підручників з фізики полімерів, що використовувались і використовуються в навчальному процесі середини і другої половини ХХ ст. [2-5], вказує на те, що в них, при всіх їх позитивних якостях, домінуючим є інформація пов'язана з матеріалознавством. Слід зауважити, що в той

час як підручники та посібники використовувалися матеріали монографій з фізики та хімії полімерів.

Найбільш методично вдалим виданням, в якому висвітлені питання «фізики полімерів» доступні для сприйняття студентами педагогічних університетів є підручник Г.М. Бартенєва і С.Я. Френкеля «Физика полимеров» [6]. Як відмічають автори, основне завдання цієї книги полягає в тому, щоб допомогти студентам і аспірантам орієнтуватися в сучасних проблемах, а також в перспективах фізики полімерів. Це зумовлено тим, що крім розв'язаних задач з сучасних проблем фізики полімерів є значна кількість матеріалу, що потребує наукового обговорення, носить дискусійний зміст. Тому розділи цієї книги висвітлюються з різних методологічних позицій, з урахуванням різних підходів, що пропонуються різними «школами» науковців, працюючих в галузі фізики полімерів. У випадку зрозумілих ситуацій і обґрунтованих принципів автори наводять всі необхідні математичні викладки і обговорюють фізичні аспекти. Коли ж проблеми, які обговорюються в книзі є дискусійними, автори використовують подання у вигляді діаграм і обмежуються математичним записом загальних формул.

На думку авторів цього підручника, їх працю слід трактувати як вступ до фізики полімерів, до того ж наголошують, що студенти і аспіранти вже освоїли суміжні дисципліни, зокрема загальну і теоретичну фізику, хімію, фізичну і колоїдну хімію та інші.

За своєю структурою, кожний розділ книги, крім основного матеріалу містить короткі висновки, в яких підсумовується те, що доведене беззаперечно, а також та частина матеріалу, яка потребує поглиблених досліджень. Крім того, коротко обговорюються технічні можливості і застосування досліджень, що висвітлені в цьому розділі.

Важкі питання, пов'язані з моделюванням і теоретичним описом, трактуються авторами з позицій фізики твердого тіла. На думку авторів книги, це зумовлено не тільки історичними зв'язками між фізикою полімерів та фізикою твердого тіла, не тільки тим, що полімери можуть існувати в різноманітних твердих станах, але головним чином і тому, що теорія порядку і безпорядку, структурних, фазових, релаксаційних перетворень найбільш розвинута в фізиці твердого тіла. Тому такі явища і властивості, що виявляються в полімерах, найзручніше розглядати за аналогією з звичайними твердими тілами, поступово вводячи ефекти і параметри пов'язані з структурною організацією макромолекул, надмолекулярних утворень.

В навчальному процесі студентів спеціальності «Фізика» за напрямком підготовки «фізико-математичні науки» при вивченні курсів «Основи молекулярної фізики» та «Фізика полімерів» використовується підручники і навчальні посібники авторського колективу на чолі з академіком НАН України Булавіном Л.А. В навчальному посібнику «Фізика полімерів» [7] описані мікроскопічні механізми деформації полімерів та особливості теплового руху в них. На основі розглянутих властивостей полімерних систем запропоновані модель вільного з'єданого ланцюга, ротамерну модель макромолекули, сіткову модель полімеру для аналізу процесів теплових деформацій. Основи теорії в'язкопружності полімерів та їх деформаційні властивості розглянуто в навчальному посібнику з курсу «Основи молекулярної фізики» для студентів фізичних факультетів університетів [8].

Питання теорії фазових переходів другого роду та критичних явищ у розчинах полімерів висвітлені в навчальному посібнику [9]. В посібнику запропонований теоретичний підхід щодо співвідношення зв'язку між критичними індексами скейлінгових рівнянь поблизу точок фазових переходів для розчинів полімерів. Висвітлено експериментальні

результати нейтронних досліджень рівноважних властивостей розчинів лінійних макромолекул поблизу критичної точки фазового розшарування. Цей посібник використовується при читанні спецкурсів і спецсеминарів студентам фізичних спеціальностей.

Для ґрунтового вивчення полімерних матеріалів і наступного дослідження їх фізичних властивостей використовують в методиці викладання фізики полімерів підручники і посібники зарубіжних авторів. Ці посібники можна об'єднати назвою «Вступ до фізики полімерів». В підручнику [10] розглядаються основні поняття і методи фізики полімерів, статистика полімерних макромолекул, сам ланцюг як сукупність ковалентно зв'язаних структурних елементів. Така книга служить якісним і коротким вступом до фізики полімерів і дає можливість студентові вникнути в сучасні проблеми полімерної науки. Вступ до фізики твердих (блочних) полімерів зроблено в посібнику [11]. Зокрема, в цьому виданні аналізується історія розвитку створення і дослідження синтетичних полімерів. Показані науково-технічні можливості використання експериментальних методів дослідження полімерів. Основна частина посібника побудована таким чином, що на основі структурного підходу розглядаються властивості блочних полімерів, навіть і рідкокристалічних. В своїй практичній діяльності викладач і студенти можуть використати багато прикладів задач з фізики полімерів та їх конкретні розв'язки, які наведені в цьому виданні.

Використання посібників і підручників такої серії дає можливість викладачеві залучати до вивчення властивостей полімерних матеріалів студентів, які не знайомі з полімерною наукою, але мають ґрунтовні знання з курсів загальної фізики, хімії, математики. Матеріали цих видань допомагають студентам оволодіти термінологією фізики полімерів та сформулювати основні завдання і спрогнозувати шляхи вирішення проблем полімерної науки, отримати необхідні основи знань з цієї науки.

У практичній діяльності, при вивченні властивостей полімерних матеріалів, для викладачів і студентів рекомендується серія підручників на англійській мові з фізики полімерів [12, 13]. Матеріал книг вдало поєднує теоретичні і експериментальні підходи, щодо вивчення властивостей полімерних матеріалів у курсі сучасної фізики. До кожного розділу, теми підручника підібрані практичні завдання, що дає змогу активізувати самостійну роботу студентів.

Окрему групу підручників, посібників складають видання, в яких макромолекула, надмолекулярні утворення, полімерні системи розглядаються з позиції теоретичної фізики. Вперше ідеї розгляду фізики полімерів, як нового напрямку теоретичної фізики, зокрема статистичної фізики полімерів виклав І.М. Ліфшиц в роботі «Деякі питання статистичної теорії біополімерів» та П. де Жен в своїй книзі [14].

У цій книзі видатний французький фізик зробив монографічний огляд статистичної фізики полімерів на основі скейлінгового підходу. Книга адресована не тільки для працівників і аспірантів, що працюють в області фізики полімерів, але й студентів старших курсів, які вивчають, цю галузь знань.

Для викладачів вищих навчальних закладів I-IV рівнів акредитації, студентів, вчителів загальноосвітніх шкіл і учнів старших класів пропонується посібник авторів Гросберга А.Ю. і Хохлова А.Р. [15]. В цьому посібнику розглядаються питання конформаційної статистичної фізики макромолекул, зокрема фундаментальні поняття – гнучкість полімерного ланцюга, об'ємні ефекти і динамічні властивості полімерних систем. Значна увага приділена проблемам фізики біополімерів, таких як ДНК і білків, взаємозв'язку

фізики і біології. Згідно якого, аналізуючи фізику макромолекул, як систем з лінійною пам'яттю, можна розв'язувати завдання молекулярної біології. Ці ж автори, на основі основних положень статистичної фізики, пропонують для студентів старших курсів і аспірантів фізичних, хімічних і біологічних спеціальностей вищих навчальних закладів навчальний посібник [16]. У посібнику викладено основні уявлення статистичної фізики конформаційних властивостей полімерних систем. Автори, в передмові, вказують на те, що студентам не потрібно досконало мати знання про полімерні систем, проте зауважують, що для вивчення статистичної фізики макромолекул необхідні знання з курсів теоретичної і загальної фізики, математики вищих навчальних закладів. Навчальний посібник складається з семи розділів, в яких розташування матеріалу здійснено за принципом від більш «простого» до більш «складного».

Для студентів фізичних і хімічних спеціальностей вищих навчальних закладів пропонується навчальний посібник [17], в якому матеріал викладений з позицій статистичної фізики і хімії полімерів.

Узагальненням циклу навчальних посібників з статистичної фізики макромолекул є робота А.Ю.Гросберга і А.Р.Хохлова [18]. В цьому підручнику, з позицій фізики макромолекулярних ланцюгів, розглядаються синтетичні і природні полімери, так і біополімерні наносистеми живої клітини. Студентам, для вивчення, пропонуються такі теми, як наноструктури в полімерних системах (макромолекулярні системи, як природні наноутворення); фрактальні підходи до опису характеристик і властивостей полімерів; молекулярна еволюція на основі макромолекулярного підходу. Автори рекомендують свою книгу для вивчення не тільки студентам вищих навчальних закладів, але й аспірантам та школярам старших класів загальноосвітніх шкіл.

Розвиток сучасної нанофізики, нанохімії, нанотехнологій [19] вимагає використання нових підходів до розгляду структури і властивостей полімерних матеріалів. В програму курсу «Загальна фізика» включена тема «Основні поняття про нанокompозити і нанотехнології»; яка розглядається в розділі «Молекулярна фізика», крім того в університетах педагогічного спрямування за магістерською програмою навчання вивчається спецкурс «Основи фізики полімерних нанокompозитів», «Технології отримання полімерних накомпозитів та їх фізичні властивості». Вивчення цих питань та дисциплін потребує використання підручників та посібників, в яких розкриваються питання фізико-хімічних властивостей полімерних нанокompозитів. Для розв'язання цих завдань в навчальному процесі використовуються посібники та монографії [20-23]. В усіх цих книгах виклад матеріалу оснований на тому, що молекулярні утворення в полімерних системах є наноструктурними системами і для їх опису використовуються підходи нанофізики і нанохімії. Книги [21,22], як зазначають їх автори, об'єднують цілий ряд дисциплін, тому що потребують методології цілого ряду наукових областей, зокрема фізико-хімії нанорозмірних частинок, матеріалознавства, біотехнологій, нанотехнологій. Це пояснюється тим, що наука про нанокompозити, зокрема і полімерні, виникла на межі ХХ-ХХІ століття на перетині різних областей наукових знань і її результати миттєво знайшли практичне втілення.

У практичній діяльності студентів фізичних спеціальностей, які вивчають фізику полімерів, використовуються практикуми професора Б.С.Колупаєва [24,25]. Важливим аспектом цих практикумів, як зазначив редактор їх видання професор С.Я.Френкель є те, що вони в значній мірі структуровані за принципом «зроби сам» (мова йде про методи, які не є

стандартними, хоч закладені в них ідеї фізично обґрунтовані), який спонукає студентів до самостійної роботи з створення експериментальних установок.

Сучасні тенденції розвитку фізики і органічної хімії полімерів, фізичних і хімічних експериментальних методів досліджень їх властивостей викладені в посібниках [26,27]. В цих практикумах детально аналізуються стандартні прилади, що використовуються в експериментальних дослідженнях полімерів, описані експериментальні підходи до їх вивчення.

Аналіз існуючих підручників, посібників, практикумів з фізико-хімії полімерів підтверджує ідею про структурну схему таких видань, в яких студент одночасно отримував би інформацію і про теоретичний курс, мав би змогу ознайомитися з лабораторним практикумом та практикумом розв'язування теоретичних і експериментальних задач. З цією метою було створено електронний навчальний посібник «Основи фізики полімерів». Цей навчальний посібник складається із вступу та чотирьох частин. В вступі висвітлюється питання значимості вивчення фізики полімерів для майбутніх вчителів та можливий алгоритм використання матеріалу цього видання. Перша частина містить інформацію, щодо навчальних та робочих програм дисциплін, в яких вивчаються питання фізики полімерів, як науково-теоретичного так і прикладного характеру.

Кожна з таких дисциплін має пояснювальну записку, в якій висвітлюється мета вивчення; фундаментальні фізичні теорії, закони, наукові проблеми, що складають основу навчальної програми. Значна увага в програмі приділяється історії розвитку фізики полімерів та ознайомленню студентів з внеском українських вчених в науку про макромолекулярні системи. Зазначається, що навчальна і робоча програми складені на основі галузевого стандарту вищої освіти за напрямом підготовки 0402 «фізико-математичні науки» на освітньо-кваліфікаційний рівень магістра, спеціаліста, бакалавра зі спеціальності 8.04020301, 7.04020301; 6.040203 «Фізика». Такий матеріал першої частини дозволяє викладачу і студенту вибудувати стратегію вивчення дисциплін пов'язаних з фізикою полімерів та напрямки їх реалізації за технологією організації навчального процесу.

Друга частина складається з одинадцяти розділів і містить матеріал, який використовується при читанні лекційного курсу і організації самостійної роботи студентів з вивчення теоретичного курсу. Перший розділ «Хімічний зв'язок і макромолекула» включає матеріал, освоєння якого дозволяє студенту відтворити знання з курсів загальної хімії, фізики, теоретичної фізики про будову молекул і різні види хімічних зв'язків, іонний (гетерополярний) і гомополярний. В другому розділі «Макромолекулярні константи» описуються основні геометричні і енергетичні характеристики макромолекул, розкриваються поняття конфігурації та конформації, форми макромолекул. Питання структурування, фазових, агрегатних і релаксаційних станів полімерних систем розкриваються в третьому розділі цієї частини.

Четвертий розділ висвітлює питання пов'язані з створенням і процесами структурування полімерних композиційних матеріалів. Основною ідеєю цього розділу є те, що наповнення полімерів є одним з універсальних принципів створення композиційних матеріалів з особливими, тільки їм притаманними фізичними і хімічними властивостями, що визначаються макро- і мікрогетерогенністю системи і фазовими взаємодіями на межі розділу фаз полімер-наповнювач.

Процеси дії теплового поля і перенесення теплової енергії в полімерних системах аналізуються в п'ятому розділі. Поведінка полімерів і їх композицій в силовому

механічному полі, пружні та в'язкопружні деформації знайшли відображення в шостому розділі цієї частини навчального посібника. Реакція полімерів та їх композицій на дію електричного поля та області застосування полімерів за їх електричними характеристиками обговорюється в сьомому розділі. Із позиції розгляду полімерів, як діаманетиків описані їх реакції на дію магнітного поля в восьмому розділі навчального посібника.

Матеріал дев'ятого розділу «Оптичні властивості полімерів» базується на тому, що полімерні системи можуть бути як ізотропними так і анізотропними середовищами. В цьому розділі аналізуються оптичні властивості полімерів, зокрема, відбивання і поглинання світла, оптична обертова здатність на основі розгляду світла, як електромагнітної хвилі, описуються процеси взаємодії світла з полімерами та вивчаються спектри поглинання і випромінювання.

Десятий розділ навчального посібника стосується взаємодії полімерів з радіоактивним випромінюванням. Вивчення цих питань зумовлено розвитком ядерної енергетики, космічної галузі, фізики елементарних частинок, які потребують створення стійких до дії іонізуючого випромінювання конструкційних полімерних матеріалів.

У заключному розділі цієї частини висвітлений матеріал з питань утворення наноструктур в полімерах і полімерних композиціях. Матеріал підібраний для цієї частини на основі того, що для полімерів особливістю є те, що їх структуроутворення можна охарактеризувати на основі підсистемного підходу: атомна група — сегмент, ділянка ланцюга — клубок, глобула, кристаліт — надмолекулярні утворення. Це вказує на те, що для полімерів розміри наночастинок можуть змінюватись в межах  $1\div 100$  нм. На основі такого підходу аналізуються утворення наноструктур у полімерах, вплив наповнювачів на зміни структуроутворень і властивості гетерогенних систем, фізичні властивості наноконкомпозитних полімерів, моделювання процесів утворення наноструктур і прогнозування властивостей полімерних наноконкомпозитів, магнітореологічний ефект, сегнетоелектричні властивості.

Третя частина навчального посібника є збірником теоретичних, якісних, експериментальних та фізико-технологічних задач. Підбір задач, які пропонуються студентам для самостійного розв'язку, здійснений таким чином, щоб охопити всі теми практичних занять. До кожної теми практичних занять наводиться методика розв'язку задач, а також пропонуються алгоритми теоретичних наукових досліджень, щодо вивчення тих чи інших властивостей полімерних матеріалів. Вказуються задачі і завдання, які виконуються при проведенні аудиторних занять і ті, що пропонуються для самотійної роботи. Кожна тема практичних занять супроводжується посиланнями на необхідний теоретичний матеріал, що викладений в теоритичній частині посібника і зроблені посилання на літературні джерела, що потребують самостійного опрацювання. У цій же частині книги, пропонуються тестові контрольні і самостійні роботи, згідно рейтингово-модульного підходу, щодо контролю знань і самотійної роботи студентів, а також методика написання курсових і бакалаврських робіт з фізики.

Четверта частина підручника є лабораторним практикумом, що відповідає теоретичному курсу дисципліни. У цій частині наводиться матеріал, щодо статистичного аналізу результатів експерименту, зокрема розглядаються випадкові величини, методи визначення похибки, обробка результатів експериментальних досліджень, аналітичний та графічний методи обробки дослідних даних. Наводяться алгоритми і методики проведення експериментів, щодо завдань курсових та бакалаврських робіт.

**Висновки.** Такий підхід до створення навчальних підручників, посібників дозволяє реалізувати основні завдання навчання і виховання студентів, впровадити в навчальний процес рейтингово-модульну систему та дидактичні принципи (основні та специфічні) [28,29].

### *Список використаної літератури*

1. Малафіїк І.В. Дидактика: навч. посіб. / І.В.Малафіїк. - К.: Кондор, 2005. - 398с.
2. Перепечко И.И. Введение в физику полимеров / И.И. Перепечко. – Москва: Химия, 1978. – 311 с.
3. Тагер А.А. Физико-химия полимеров / А.А. Тагер. – Москва: Химия, 1978. – 544 с.
4. Бартнев Г.М. Курс физики полимеров / Г.М. Бартнев, Ю.В. Зеленев. – Ленинград: Химия, 1976. – 288 с.
5. Бартнев Г.М. Физика и механика полимеров / Г.М. Бартнев, Ю.В. Зеленев. – Москва: Высшая школа, 1983. – 381 с.
6. Бартнев Г.М. Физика полимеров/ Г.М. Бартнев, С.Я. Френкель под ред. А.М. Ельяшевича. – Ленинград: Химия, 1991. – 432 с.
7. Булавін Л.А. Фізика полімерів: Навч. посіб. / Л.А. Булавін, Ю.Ф. Забашта, О.С. Свечнікова. – К.: ВПЦ «Київ. ун-т», 2004. – 129 с.
8. Булавін Л.А. Фізична механіка полімерів: Навч. посіб. з курсу «Основи молекуляр. фізики» для студ. фіз. ф-ту. Ч. 1. Деформація полімерних континуумів / Л.А. Булавін, Ю.Ф. Забашта. – К.: ВПЦ «Київ. ун-т», 1999. – 226 с.
9. Булавін Л.А. Критичні властивості розчинів полімерів: Навч. посіб. / Л.А. Булавін, В.В. Клепко. – К.: ВПЦ «Київ. ун-т», 2003. – 126 с.
10. Masao Doi. Introduction to polymer physics / Doi Masao. – Oxford University Press, 1996. – 136 p.
11. David I. Bower. An introduction to polymer physics / David I. Bower. - Oxford University Press, 2002. – 468 p.
12. Gedde U.W. Polymer physics / U.W. Gedde, M.S. Hedengvist. – Kluwer Academic Publishers, 1995.-426p.
13. Rubinshteyn M. Polymer physics / Rubinshteyn M., Rolls E.T., Colby R.H. - Oxford University Press, 2003. – 433 p.
14. Де Женн П. Идеи скейлинга в физике полимеров/ П. Де Женн пер. с англ. – Москва: Химия, 1982. – 362 с.
15. Гросберг А.Ю. Физика в мире полимеров/ А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов. – Москва: Наука, 1989. – 208 с.
16. Гросберг А.Ю. Статистическая физика макромолекул/ А. Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов. – Москва: Наука, 1989. – 344 с.
17. Хохлов А.Р. Лекции по физической химии полимеров /А.Р.Хохлов, С.И.Кучанов. – М.: Мир, 2000. – 192с.
18. Гросберг А.Ю. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики /А.Ю.Гросберг, А.Р.Хохлов. – М.: Интеллект, 2010. – 304с.
19. Воронов В.К. Физические основы нанотехнологии. Серия: Физика на переломе тысячелетий /Воронов В.К., Подоплелов А.В., Сагдеев Р.З. - М.: Наука, 2011. – 432с.

20. Friedrich K. Polymer composites: from nano-to-macroscale / Friedrich K., Fakirov S., Zhany Zhony. – Berlin: Springer, 2005. – 373 p.
21. Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах/ А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд. – Москва: Химия, 2000. – 672 с.
22. Pomogailo A.D. Metallopolymer nanocomposites / A.D. Pomogailo, V.N. Kestelman. – Berlin: Springer Heidelberg, 2005. – 563 p.
23. Wohrle D. Metal complexes and metals in macromolecules / D. Wohrle, A.D. Pomogailo. – Weinheim: Wiley-VCH, 2003. – 667 p.
24. Колупаев Б.С. Физико-химия полимеров. Практикум/ Б.С. Колупаев под. ред. С.Я. Френкеля. – Львов: Вища школа, 1978. – 160 с.
25. Колупаев Б.С. Релаксационные и термические свойства наполненных полимерных систем. Практикум./ Б.С. Колупаев. – Львов: Вища школа, 1980. – 204 с.
26. Сутягин В.М. Физико-химические методы исследования полимеров / В.М. Сутягин, А.А. Ляпков. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 130 с.
27. Аверко-Антонович И.Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров / И.Ю. Аверко-Антонович, Р.Т. Бикмуллин. – Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.
28. Бордюк М. Формування знань про полімерні матеріали в майбутніх вчителів фізики на принципах дидактики/ М. Бордюк, Т. Шевчук, Н. Бордюк // Нова педагогічна думка. – 2011.- № 4. – С. 110-120.
29. Бордюк М. Специфічні принципи дидактики вищої школи і їх реалізація при формуванні знань про полімерні матеріали у майбутніх педагогів / М. Бордюк, Т. Шевчук, Н. Бордюк // Нова педагогічна думка. – 2012.- № 4. – С. 96-103.

***Бордюк Н.А. Учебник по физике полимеров как дидактическая система формирования знаний о макромолекулярных объектах у будущих педагогов.***

*Анализируются учебники с физики полимеров на основании дидактических подходов. Предлагается структура и содержание учебника для изучения свойств полимеров будущими учителями физики.*

***Ключевые слова:*** учебник, дидактическая система, макромолекула, физика полимеров, учитель физики

***Bordyk M.A. Polymer physics textbook as a didactics system of forming of knowledge about macromolecular objects for future teachers.***

*Textbooks are analysed from physics of polymers on the basis of didactics approaches. A structure and maintenance of textbook are offered for the study of properties of polymers by the future teachers of physics*

***Keywords:*** tutorial, didactic system, macromolecules, polymer physics, physics teacher