

УДК [53.54.-126]: 378.147

Микола БОРДЮК,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри фізики
Рівненського державного гуманітарного університету

Ніна БОРДЮК,
старший викладач кафедри теорії та методики професійної освіти
Рівненського державного гуманітарного університету

Микола ВІДНІЧУК,
кандидат педагогічних наук,
професор кафедри методики викладання фізики і хімії
Рівненського державного гуманітарного університету

Тетяна ШЕВЧУК,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри фізики
Рівненського державного гуманітарного університету

**ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ
НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ УЧНІВ ПРИ ВИКОНАННІ
ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСУ
«ОСНОВИ ФІЗИКИ ПОЛІМЕРІВ»**

У статті розглядається організація і проведення науково-дослідної роботи учнів у процесі виконання робіт лабораторного практикуму факультативного курсу «Основи фізики полімерів». Пропонується структура лабораторних робіт, виконання яких дає можливість формувати внутрішньоінтенційну спрямованість у науково-дослідній роботі.

Ключові слова: фізика полімерів, лабораторний практикум, науково-дослідна робота учнів, внутрішньоінтенційна спрямованість, факультативний курс.

В статье рассматривается организация и проведение научно-исследовательской работы учеников в процессе выполнения работ лабораторного практикума факультативного курса «Основы физики полимеров». Предлагается структура лабораторных работ, выполнение которых позволяет формировать внутриинтенционную направленность в научно-исследовательской работе.

Ключевые слова: физика полимеров, лабораторный практикум, научно-исследовательская работа учеников, внутриинтенционная направленность, факультативный курс.

This paper deals with the organization and conduct of research students in the course of laboratory practical work elective course "Fundamentals of Polymer Physics". The structure of laboratory work, the implementation of which makes it possible to form focus in research work.

***Key words:** physics of polymers, laboratory practice, research work of students orientation, an elective course.*

Постановка проблеми. Вивчення властивостей полімерних матеріалів у курсі природничих дисциплін загальноосвітньої школи передбачає проведення лабораторних робіт [1-3], що дає можливість формувати практичні уміння і навички [4], експериментально вивчати властивості полімерних систем [5], передбачати галузі застосування в життєдіяльності людини за досліджуваними властивостями [6].

Мета роботи – розкрити питання організації і методики проведення науково-дослідної роботи учнів при виконанні робіт лабораторного практикуму факультативного курсу «Основи фізики полімерів» для формування внутрішньоінтенційної спрямованості.

Виклад основного матеріалу. У роботах [7; 8] пропонувалися програми факультативних курсів із фізики полімерів, у яких одним з основних завдань її реалізації було формування в учнів науково-дослідницьких навиків, виявлення та виховання інтересу до наукових знань при проведенні експериментальних робіт із дослідження властивостей полімерних матеріалів. Для реалізації таких завдань у зазначених програмах пропонувався лабораторний практикум, тематика і виконання робіт якого дозволяє експериментально вивчати комплекс фізичних властивостей полімерних матеріалів (механічні, теплофізичні, електромагнітні, оптичні).

Використання в курсі фізики загальноосвітньої школи таких науково-творчих досліджень дає можливість не тільки навчити учня опрацьовувати і використовувати наукову інформацію з науки про полімери і застосовувати її в конкретній ситуації, але й стимулювати навчально-пізнавальну активність, розвивати мислення, пам'ять, творчі здібності, формувати науковий світогляд, уміння й навички для майбутньої практичної і професійної діяльності; розвивати індивідуальний стиль діяльності у межах навчальної роботи групи.

Виконання лабораторних робіт із дослідження фізичних властивостей полімерних матеріалів дозволяє поглибити теоретичні знання учнів, ознайомити їх із технічними засобами і методами точного вимірювання та з більш повнішими дослідженнями фізичних явищ. Для цього передбачається широке використання сучасних вимірювальних приладів і апаратури, а також сучасних методів вимірювання й оцінки результатів.

Важливі і виховні цілі практикуму: він сприяє розвиткові спостережливості конструктивного мислення, інтересу до предмета та творчого підходу до набуття знань.

Під час проведення лабораторних занять кожен учень отримує довготривалі завдання, кожне з яких є проблемною задачею з фізико-хімії високомолекулярних сполук.

Лабораторний практикум значною мірою побудований за принципом "зроби сам". Учні при вивченні тієї чи іншої теми повинні зібрати установку зі стандартних блоків чи деталей. Ця особливість дозволяє учням здійснювати пошук нестандартних експериментальних розв'язків (у рамках запропонованих йому методів або за цими ж рамками), що дуже важливо на етапі навчання фізики.

Структура лабораторного практикуму наступна: *теоретичні відомості*, в яких пропонуються посилання на той теоретичний матеріал, який необхідно опрацювати перед виконанням лабораторної роботи, а також інші джерела інформації, що відповідають даній темі; *експериментальна частина* (формулюється мета роботи, опис обладнання і основні етапи роботи); обробка результатів експерименту (розрахунки і графічні представлення відповідних фізичних величин); статистична обробка результатів вимірювання, що базується на головних принципах дисперсійного і кореляційного аналізу.

Розглянемо реалізацію структурованої схеми лабораторного практикуму цього курсу на прикладі роботи з теми «Дослідження температурної залежності температурного коефіцієнта об'ємного розширення полімерних систем».

Мета: визначити температурний коефіцієнт об'ємного розширення полімерів, дослідити його залежність від температури.

Обладнання: установка для проведення дилатометричних досліджень полімерних матеріалів.

Теоретичні відомості

Питомий об'єм речовини – це об'єм, який займає одиниця маси цієї речовини (ця величина обернена до густини $V = 1/\rho$). Одиниці питомого об'єму в СІ: $1 \text{ м}^3/\text{кг}$.

Питомий об'єм полімерів визначається за допомогою приладів, що називаються об'ємними дилатометрами. Об'єм тіла змінюється не тільки внаслідок зміни відстані між атомами і молекулами при нагріванні, але й внаслідок інших процесів, що відбуваються в речовині (наприклад, при зміні структури аморфної речовини, полімеризації). У зв'язку з цим дилатометри використовуються для вивчення структурного склування, швидкості кристалізації.

Типова крива залежності питомого об'єму аморфного полімера від температури ($V-T$) представлена на рис.1. Відрізок ОБ відповідає високоеластичному стану полімера, а ОА – склоподібному. Значення коефіцієнтів об'ємного розширення для таких станів різне, але в області температур (T_1 і T_2) вони вирівнюються. За температуру склування (T_c) приймають середню температуру перехідної ділянки.

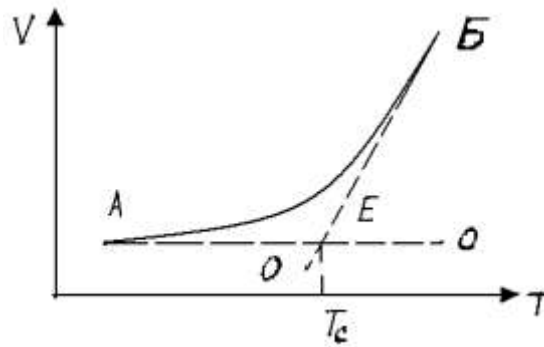


Рис.1

В області $T < T_c$ інтенсивність теплового руху ланцюгів зменшується, а час релаксації зростає, і рівноважна структура не встигає встановитися. Отже, відрізок OA відповідає нерівноважним значенням об'ємів. Ураховуючи, що в високоеластичному стані час релаксації складає порядку $10^{-1} - 10^{-6}$ с, тобто малий, при звичайних швидкостях нагріву (охолодження) в полімері встигає встановитися рівноважна структура. Таким чином, пряма OB відповідає рівноважному стану. Якби можна було охолоджувати матеріал так, щоб при кожній фіксованій температурі досягалася рівновага, залежність відображалася б прямою OB. Цілий ряд властивостей полімерних композицій вказує на наявність у них вільного об'єму, який є діркою порядку молекулярних (мономерних) розмірів чи інші пустоти, пов'язані з нерегулярною упаковкою структурних елементів системи. Число таких дірок або пустот при заданій температурі і тиску визначається роботою, що затрачається на створення дірки.

Розглядаючи утворення дірки як перехід молекули (кінетичної одиниці), що займає даний вузол, у збуджений стан, отримують:

$$\frac{n}{N} = e^{-\frac{\Delta U + P\Delta V}{RT}}, \quad (1)$$

де N – число молекул; n – число дірок; ΔU ; ΔV – відповідно приріст енергії і об'єму; R – універсальна газова стала.

Отже, об'єм тіла:

$$V = V_0' + n \frac{\Delta V}{N}, \quad (2)$$

де V_0' - об'єм при відсутності дірок.

Молярний об'єм:

$$V_1 = V_0' + \Delta V e^{-\frac{\Delta U + P\Delta V}{RT}}. \quad (3)$$

У більшості випадків вважають, що V_0' слабо залежить від температури і тиску. Величини ΔV і ΔU у першому наближенні вважаються постійними.

При будь-якій температурі, відмінній від абсолютного нуля, вільний об'єм V_f рівний різниці питомого об'єму V речовини при цій температурі і його об'єму V_0 при абсолютному нулі:

$$V_f = V - V_0. \quad (4)$$

Значення V_0 отримують, екстраполюючи до абсолютного нуля експериментальні залежності $V-T$. При одній і тій же температурі вільний об'єм V_f у нерівноважному склоподібному стані більший, ніж у кристалічному тілі.

Крім вільного об'єму V_f , виходячи з дилатометричних досліджень, розраховують відносну частку вільного об'єму (f) полімеру при заданій температурі T :

$$f = \frac{V - V_0}{V}. \quad (5)$$

Як показали дослідження, f залежить від структурних особливостей полімерів, комплексу релаксаційних властивостей, уведення в полімер низько- і високомолекулярних домішок, термічної, фізико-хімічної, механічної і кінетичної передісторії, питомого об'єму і температури.

Коефіцієнт теплового розширення вільного об'єму

$$\alpha_f = \frac{1}{V_f} \cdot \frac{\Delta V_f}{\Delta T}, \quad (6)$$

значно змінюється і враховується при визначенні істинного значення коефіцієнта теплового розширення системи. “Універсальне” значення α_f рівне $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ для більшості полімерів. При цьому, якщо макроскопічний коефіцієнт теплового розширення α_{t1} вище T_c характеризує появу вільного об'єму, а також теплове розширення структури твердого тіла α_{t2} , яке спостерігається нижче T_c , то α_f повинна мати значення $(\alpha_{t1} - \alpha_{t2})$.

Опис експериментальної установки

Для визначення коефіцієнта об'ємного розширення використовується об'ємний дилатометр, принцип дії якого базується на методі гідростатичного зважування.

Установка (рис. 2) складається з термічного блоку – 1; датчика лінійного нагріву – 2; регулятора температури – 3; блоку вимірювання температури – 4; вимірювального пристрою – 5 і стабілізованого блоку живлення – 6.

Блок вимірювання температури — високоомний мілівольтметр М-95 у вимірювальному колі диференціального термоперетворювача, холодний спай якого поміщений у посудину Дьюара. Як вимірювальний пристрій вибрані терези АДВ-200 М. Їх застосування не тільки забезпечує високу точність вимірювання, але і дозволяє встановити характер змін густини зразка в процесі дослідження.

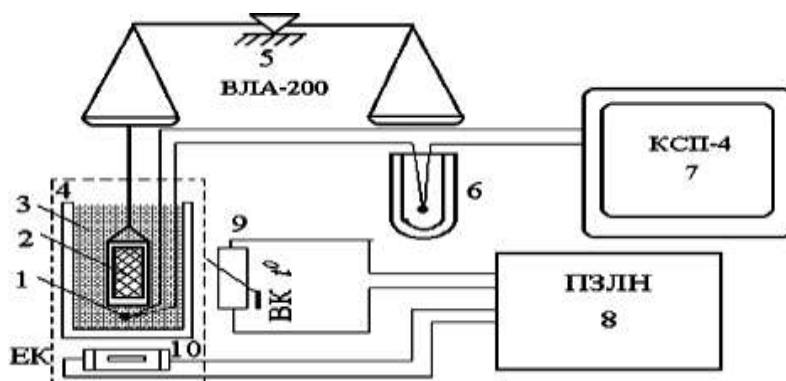


Рис. 2. Блок-схема дилатометра методу гідростатичного зважування
 (1 – терморпара; 2 – зразок; 3 – силіконове масло ПФМС-4;
 4 – камера спокійного повітря; 5 – аналітичні терези; 6 – посудина Дьюара;
 7 – електронний потенціометр; 8 – програмований контролер лінійного
 нагрівання; 9 – термометр опору; 10 – нагрівач)

Щоб забезпечити більш стабільну роботу, термоблок і вимірювальний пристрій поміщені в термостат.

В основу визначення густини й коефіцієнта об'ємного розширення досліджуваних матеріалів покладено метод гідростатичного зважування. Згідно з останнім густина зразка, зануреного в термостатичну рідину, визначається як

$$\rho = \frac{m}{m_2 - m_1}(\rho_1 - \rho_2) + \rho_2, \quad (7)$$

де ρ – густина досліджуваного зразка; ρ_1 – густина рідини; ρ_2 – густина повітря; m – маса зразка, визначена шляхом зважування на повітрі; m_1 – маса зразка, зануреного в рідину; m_2 – маса зразка з утримувачем.

Оскільки $\rho_2 \ll \rho_1$, то його значенням у процесі подальших розрахунків можна нехтувати. Знаючи густину зразка, можна визначити коефіцієнт його об'ємного розширення:

$$\beta = \frac{\rho_0 - \rho_t}{\rho_t t - \rho_0 t_0}, \quad (8)$$

де ρ_0, t_0 – густина і температура зразка на початку дослідження; ρ_t, t – густина і температура зразка у відповідній точці температурного інтервалу.

Порядок виконання роботи

1. Підготувати зразки для дослідження.
2. Визначити значення густини полімерних зразків при різних температурах.
3. Використовуючи результати дослідів, визначити температурний коефіцієнт об'ємного розширення полімерів згідно з формулою (8) для різних температур.

4. Побудувати графік залежності β від T , проаналізувати його і зробити висновки.

5. Розрахувати відносну похибку при визначенні вказаної величини.

Виконання такого виду лабораторних робіт вимагає участі вчителя, який виконує функції керівника науково-дослідної роботи учнів. Однією з важливих функцій керівника науково-дослідницької діяльності є ефективне управління процесом розвитку наукового світогляду учнів. Щоб здійснювати таке керівництво, науковий керівник повинен мати об'єктивну інформацію про рівень наукових досягнень учнів. Знаючи рівень досягнень на кожному етапі їх спільної діяльності, можна цілеспрямовано розвивати творчі здібності учнів [9; 10].

Проведення учнями науково-дослідної роботи під час виконання лабораторного практикуму супроводжується інтенсивним розвитком ціннісно-сислової сфери особистості, у ході якого мінливі індивідуальні інтенції узгоджуються з усталеними нормативними смислами. При виконанні цих робіт такими інтенціями є планування проведення наукових досліджень, формування цілі та завдань щодо експериментального вивчення полімерних матеріалів, які зорієнтовані на можливості використання таких результатів при написанні науково-дослідних робіт у Малій академії наук України [11].

Висновки. Розвиток навичок дослідницької діяльності учнів старших класів сприяє їх залученню до наукової роботи. Науково-дослідницька робота школярів при виконанні практикуму дає можливість реалізувати внутрішні потреби не лише з метою отримання знань із фізики полімерів, але й сприяє розвитку творчих здібностей та умінь. Творча діяльність під час виконання лабораторних робіт диктується потребами практичного використання полімерів у життєдіяльності людини. При виконанні робіт практикуму забезпечується єдність наукової та навчально-виховної діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вивчення полімерних матеріалів у загальноосвітній школі / Б. С. Колупаєв, Ю. С. Ліпатов, М. А. Бордюк, Б. П. Дем'янюк. – Рівне : РДП, 1993. – 92 с.

2. Науково-методичні аспекти вивчення властивостей полімерних матеріалів у загальноосвітній школі / М. А. Бордюк, В. М. Бордюк, Б. С. Колупаєв, Т. М. Шевчук // Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін. Наукові записки РДГУ. – 2005. – Вип. 8. – С. 43-50.

3. Вивчення властивостей полімерних матеріалів при проведенні лабораторних робіт і практикуму з фізики в середній школі / М. А. Бордюк, Б. С. Колупаєв, Б. П. Дем'янюк, О. М. Волошин // Фізика конденсованих систем. Наукові записки РДП. – 1993. – Т. 1. – С. 173-187.

4. Бушок Г. Ф. Науково-методичні основи викладання загальної фізики / Г. Ф. Бушок, Б. С. Колупаєв. – Рівне : Діва, 1999. – 410 с.

5. Беляев И. П. Прибор для демонстрации термоусадочных механических напряжений в ориентированных полимерах / И. П. Беляев, В. П. Дружинин, И. Н. Рожков // Учебная физика. – 2003. – №2. – С. 38-41.

6. Бордюк М. А. Фізика полімерів. Спеціальний курс. Теорія : навчальний посібник для вищих навчальних закладів / М. А. Бордюк, Т. М. Шевчук, Б. С. Колупаєв. – Рівне : РДГУ, 2012. – 484 с.

7. Бордюк М. А. «Властивості полімерних матеріалів». Структура і зміст факультативного курсу в середній школі / М. А. Бордюк, Б. С. Колупаєв, О. М. Волошин // Наша школа. – 1995. – № 5. – С. 37-38.

8. Формування знань про макромолекулярні системи в учнів загальноосвітніх шкіл при вивченні факультативного курсу «Основи фізики полімерів» / М. Бордюк, М. Віднічук, Б. Колупаєв, Т. Шевчук // Нова педагогічна думка. – 2012. – №3. – С. 124-136.

9. Бочелюк В. Й. Педагогічна психологія : навчальний посібник / В. Й. Бочелюк, В. В. Зарицька. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 248 с.

10. Бордюк В. М. Технологія формування життєтворчих цінностей учнів педагогічного ліцею : монографія / В. М. Бордюк. – Рівне : вид. О. Зень, 2012. – 200 с.

11. Бордюк М. Технології підготовки і написання науково-дослідних робіт Малої академії наук України з вивчення властивостей полімерних матеріалів / М. Бордюк, Т. Шевчук // Нова педагогічна думка. – 2008. – Спецвипуск. – С. 93-98.

Дата надходження до редакції: 27. 01. 2014 р.