

УДК 539.2:378.016

UDC 539.2:378.016

**ФОРМИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ
О МАКРОМОЛЕКУЛЯРНЫХ
СИСТЕМАХ У БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ
ФИЗИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
КУРСА «ФИЗИКА ПОЛИМЕРОВ»**

**FORMING THE KNOWLEDGE
ABOUT MACROMOLECULAR
SYSTEMS AMONG FUTURE PHYSICS
TEACHERS DURING STUDY OF THE
COURSE "PHYSICS OF POLYMERS"**

Т. Н. Шевчук,
*кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры физики Ровенского
государственного гуманитарного
университета (Украина);*

T. Shevchuk,
*PhD in Physics and Mathematics,
Associate Professor of the
Department of Physics, Rivne State
Humanitarian University (Ukraine);*

Н. А. Бордюк,
*кандидат физико-математических
наук, доцент кафедры физики Ровен-
ского государственного гуманитар-
ного университета (Украина)*

N. Bordyuk,
*PhD in Physics and Mathematics,
Associate Professor of the
Department of Physics, Rivne State
Humanitarian University (Ukraine)*

Поступила в редакцию 28.04.18.

Received on 28.04.18.

Предлагается структура и содержание специального курса «Физика полимеров». Его изучение позволяет формировать знания о структуре и свойствах полимеров у будущих педагогов, а также использовать эти знания при преподавании физики в общеобразовательной школе.

Ключевые слова: полимерные композиты, формирование знаний, выборочный курс, учебная программа, технологии изучения.

The structure and contents of the special course "Physics of polymers" are suggested. The course enables future teachers to form their knowledge in polymer structure and properties and actively use it in teaching Physics in secondary school.

Keywords: polymer composites, forming knowledge, additional course, school curriculum, learning techniques.

Введение. Рассмотрение проблем происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики возможно с позиций образования и функционирования макромолекулярных систем [1], а также генерации, передачи, распознавания, сохранения макромолекулами информации [2].

Полимерные материалы находят широкое применение в различных сферах жизнедеятельности [3]. Поэтому в науке о полимерах наиболее перспективными направлениями являются изучение процессов структурообразования и свойств макромолекулярных систем [4; 5] и их компьютерное моделирование [6; 7].

Для исследования синтетических и биополимеров используются основные подходы физики полимеров. В книге «Физика полимеров» [8] С. Я. Френкель и Г. М. Бартенев определили эту область знаний как физику реальных систем и тел, состоящих из макромолекул или включающих последние (растворы, композиции). Физика полимеров базируется

на результатах исследований термодинамики, кинетики, статистической физики, теплофизики, электродинамики, оптики, квантовой, ядерной физики, физики наноразмерных объектов.

Основная часть. Введение в программы школьного курса физики тем о полимерных материалах и нанокompозитах предполагает формирование знаний о макромолекулярных системах у студентов педагогических университетов. Вопросы изучения полимерных материалов в университетах обсуждались на многих научных конференциях [9]. Результатами таких дискуссий стало совершенствование учебно-методической работы, обмена опытом, учебными программами в области науки о полимерах и созданию унифицированных требований к подготовке бакалавров, магистров, что соответствовало бы требованиям европейского образования и способствовало бы консолидации полимерного научно-педагогического сообщества.

Перспективным направлением реализации этих проблемных вопросов является изучение свойств полимерных материалов в курсе физики вузов педагогического направления, что дает возможность будущим педагогам получить современные знания и хорошую практическую подготовку. Наряду с другими факторами это предполагает обеспечение правильного понимания современной научной картины мира, которая позволяет видеть все полученные знания в их единстве и взаимосвязи, выделяя и логически обосновывая в этой картине место и значение любого естественного явления и научной проблемы [10; 11].

Полученные в настоящее время фундаментальные результаты в физике полимеров могут освещаться в неизменной трактовке студентами I, II курсов физических, химических, естественных, технологических специальностей, поскольку требуют знания курса общей физики, органической и неорганической химии, биофизики и основ высшей математики в пределах трех-четырех семестров [12].

Важную роль в изучении физических свойств полимерных материалов играет лабораторный практикум курса общей физики, который дает возможность студентам получить практические навыки и умения в экспериментальной работе [13].

Широкое использование полимерных материалов в быту и технике позволяет изучать их свойства не только в лекционном курсе общей физики и при выполнении лабораторных работ, но и на занятиях физико-химического научного студенческого кружка [14].

Для студентов физических, химических, естественных специальностей педагогических университетов наиболее эффективным способом формирования знаний по физике, химии полимеров является проведение спецкурсов и спецсеминаров [15].

Целью внедрения таких видов занятий в высшей школе является освоение студентами фундаментальных знаний в области физики и физической химии полимеров в конденсированном состоянии, а также экспериментальных методов исследования свойств макромолекулярных систем. Основными задачами, решаемыми при преподавании таких спецкурсов, является изложение основ физики полимерных систем, закономерностей их поведения в полях различной природы. Для успешного усвоения таких курсов студенты должны иметь основательную подготовку по курсам общей и теоретической

физики, физической, коллоидной и органической химии, математики и информатики.

Методологическую основу таких спецкурсов составляют: философские положения теории познания, теории систем, общенаучные принципы системного подхода и элементы системного анализа, диалектическая теория о всеобщей связи, взаимообусловленность и целостность явлений объективной действительности, положение о роли непрерывного образования в формировании профессионализма личности, концептуальные положения о профессионализме студентов. В основу подбора теоретического и экспериментального материала и проведения таких спецкурсов положен синергетический подход к рассмотрению его как системы открытой и способной к самоорганизации.

Для основательного формирования знаний о макромолекулярных системах и их физических свойствах для студентов отрасли знаний «физика» предлагается программа (структура и содержание) специального курса «Физика полимеров» [16].

Кроме изложения теоретического материала по физике полимеров, предусматривается проведение практических занятий, на которых рассматриваются и решаются теоретические, расчетные, качественные задачи. Такие задачи по содержанию и форме отличаются от традиционных текстовых задач и требуют творческих методов и подходов к решению. Данный подход способствует развитию физического мышления в целом и овладения студентами научными, осознанными и глубокими знаниями. Содержание таких задач может быть следующим.

1. Предложите методы усиления адсорбционного взаимодействия полимера с поверхностью наполнителя. Постройте графики зависимости размеров глобулы поблизости поверхности наполнителя от параметра τ , для макромолекул в которых среднеквадратическое расстояние между структурными элементами равно $1,08\text{Å}$, $1,26\text{Å}$, $1,32\text{Å}$, $1,54\text{Å}$, $1,74\text{Å}$.

2. Найдите коэффициент Пуассона для полимеров, в которых отношение модуля продольной деформации к модулю сдвига составляет 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8. Постройте график зависимости коэффициента Пуассона от этого отношения в пределах от 2 до 3. Сделайте выводы.

3. Постройте график зависимости диэлектрической проницаемости поливинилхлорида, наполненного железом, от концен-

трации наполнителя, определенной на основе соотношений Вагнера, Бруггемана, Оделевского. Сравните эти значения, сделайте выводы.

4. Степень полимеризации полимера 2500. Оцените потери энергии нейтроном, который движется вдоль макромолекулы. Масса структурного элемента, с которым взаимодействует нейтрон, в 12 раз больше его массы.

5. Проанализируйте особенности структурообразования в полимерных жидких кристаллах и предложите возможные области науки и техники, в которых возможно их использование.

Для решения задач по физике полимеров возникает потребность в использовании и создании моделей макромолекулярных систем. В процессе решения таких задач студент сам определяет проблемные вопросы, формулирует их, а затем получает результат. Примеры таких задач.

1. Используя модель одномерной линейной цепи, оценить квазиупругую константу силы связи между атомными группами макромолекул полиэтилена ($-CH_2-CH_2$) n , если известно, что частота валентных колебаний $5,5954 \cdot 10^{14}$ Гц.

2. Для макромолекулы поливинилхлорида расстояние между атомными группами при реализации C-C связи равно 1,54 Å. Используя модель свободно-сопряженной цепи, найдите для макромолекулы поливинилхлорида расстояние между ее концами, контурную длину, персистентную длину в зависимости от угла θ ; степень свернутости макромолекулы и наиболее вероятное ее значение.

3. Рассматривая макромолекулу как цепь точечных масс, рассчитать силовые константы взаимодействия между C-C по потенциалу Леннард-Джонса.

4. Определите коэффициент теплопроводности поливинилхлорида, используя модельные представления о том, что кинетический элемент макромолекулы является источником носителей энергии (тепловых фононов).

5. Моделируя полимер как цепную и шаровую структуру, постройте график зависимости удельной теплоемкости от параметра жесткости макромолекулы, считая все остальные величины постоянными. Сделайте выводы.

6. Пользуясь кластерной моделью аморфного полимера, объясните изменение

температуры стеклования при введении в такой полимер активного (неактивного) наполнителя. Используя кластерную модель аморфных полимеров, оцените модули упругости межкластерных областей.

7. При каких условиях, при наполнении полимера металлическими нанопополнителями, система может переходить в сверхпроводящее состояние? Предложите модели электрической проводимости в таких системах при различных концентрациях металлического.

8. Используя фрактально-перколяционный подход, предложите модель структурной организации полимерных аусетиков.

При таком подходе, когда преподаватель при решении учебных задач не устраняет все трудности на пути умственной деятельности студента, лучше всего формируются его интеллектуальные способности.

Решение качественных, теоретических, расчетных задач позволяет не только раскрывать основные понятия физики полимеров, но и устанавливать важные взаимосвязи и функциональные зависимости и способы их выражения. Такой подход позволяет формировать у студентов опыт «видения» физических зависимостей в конкретных условиях и определять границы их применения.

В процессе решения экспериментальных и технологических (технических) задач данного курса появляется возможность ознакомления студентов с различными техническими устройствами и технологическими процессами. Особое значение такой подход приобретает тогда, когда в условии задачи вводятся данные, характеризующие местное производство или научно-исследовательскую деятельность высших учебных заведений региона. Такой подход позволяет реализовать потенциал политехнического образования и профессиональной ориентации студентов.

Широкое использование полимерных материалов в технике и быту способствует формированию у студентов умений решения экспериментальных задач и привитию интереса к реализации задач, которые требуют проведения эксперимента, измерений или наблюдений. В дополнении к занятиям по решению тестовых задач, семинарским занятиям, лекционным, лабораторным работам экспериментальные приемы получения результатов по исследованию свойств полимерных материалов обогащают опыт сту-

дентов в изучении физических явлений, развивают наблюдательность, любознательность и конструкторские способности.

При решении творческих задач на исследование свойств и моделирование физических процессов в полимерах используются ассоциативные методы поиска. Главными источниками для генерирования новых подходов и идей, для описания структуры и свойств полимерных материалов являются ассоциации, метафоры и случайно выбранные понятия.

Следует отметить, что большинство задач, которые предлагаются студентам для решения, составлены на основе теоретических и экспериментальных исследований свойств полимерных систем, проведенных в научных лабораториях вуза.

Программой этого курса предусмотрено выполнение лабораторных работ физического практикума. Подбор тематики этих работ осуществлялся на основе подхода «завершенности» экспериментальных исследований физических свойств полимеров. Выполнение лабораторных работ позволяет студентам самостоятельно, под руковод-

ством преподавателя, сформировать полимерные образцы в режиме температура-давление для экспериментальных исследований механических, теплофизических, электромагнитных свойств. Такие экспериментальные исследования полимерных систем дают возможность получить информацию об их использовании. Знание основных характеристик макромолекулярных систем побуждает студентов к поиску модельных представлений, которые позволяют теоретически определять их.

Результаты решения задач и экспериментальных исследований студенты могут использовать при выполнении индивидуальных научно-исследовательских задач; написании курсовых, дипломных, магистерских работ.

Выводы. Реализация этой программы при подготовке будущих учителей физики дает возможность не только осваивать знания о макромолекулярных системах и их свойствах, но и овладевать методологией науки о полимерах, формировать умения и навыки исследовательской работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернавский, Д. С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики / Д. С. Чернавский // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170. – № 2. – С. 157–183.
2. Френкель, С. Я. Молекулярная кибернетика / С. Я. Френкель, И. М. Цыгельный, Б. С. Колупаев. – Львов : Свит, 1990. – 168 с.
3. Рупышев, В. Г. Состояние и перспективы развития потребительского рынка полистирольных пластиков в РФ и странах СНГ / В. Г. Рупышев // Международные новости мира пластмасс. – 2007. – № 9–10. – С. 25–31.
4. Козлов, Г. В. Кластерная модель аморфного состояния полимеров / Г. В. Козлов, В. У. Новиков // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171. – № 7. – С. 717–764.
5. Pojman John A. Nonlinear dynamics with polymers: fundamentals, methods and applications / Pojman John A., Tran-Cong-Miyata Qui. – Willy-VCH, 2010 – 270 p.
6. Иванов, В. А. Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров / В. А. Иванов, А. Л. Рабинович, А. Р. Хохлов (ред.). – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 585 с.
7. Компьютерное моделирование жесткоцепных полимеров / В. А. Иванов [и др.] // Высокомолекулярные соединения. – 2013. – Т. 55(С). – № 7. – С. 808–828.
8. Бартнев, Г. М. Физика полимеров / Г. М. Бартнев, С. Я. Френкель; под ред. А. М. Ельяшевича. – Ленинград : Химия, 1991. – 432 с.

REFERENCES

1. Chernavskiy, D. S. Problema proiskhozhdeniya zhizni i myshleniya s tochki zreniya sovremennoy fiziki / D. S. Chernavskiy // Uspekhi fizicheskikh nauk. – 2000. – T. 170. – № 2. – S. 157–183.
2. Frenkel, S. Ya. Molekulyaraya kibernetika / S. Ya. Frenkel, I. M. Tsygelnyy, B. S. Kolupayev – Lvov : Svit, 1990. – 168 s.
3. Rupyshev, V. G. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya potrebitelskogo rynka polistirolnykh plastikov v RF i stranakh SNG / V. G. Rupyshev // Mezhnarodnyye novosti mira plastmass. – 2007. – № 9–10. – S. 25–31.
4. Kozlov, G. V. Klasternaya model amorfnoy sostoyaniya polimerov / G. V. Kozlov, V. U. Novikov // Uspekhi fizicheskikh nauk. – 2001. – T. 171. – № 7. – S. 717–764.
5. Pojman John A. Nonlinear dynamics with polymers: fundamentals, methods and applications / Pojman John A., Tran-Cong-Miyata Qui. – Willy-VCH, 2010 – 270 p.
6. Ivanov, V. A. Metody kompyuternogo modelirovaniya dlya issledovaniya polimerov i biopolimerov / V. A. Ivanov, A. L. Rabinovich, A. R. Khokhlov (red.). – M. : Knizhnyy dom “LIBROKOM”, 2009. – 585 s.
7. Kompyuternoye modelirovaniye zhyostkotsepnnykh polimerov / V. A. Ivanov, [i dr.] // Vysokomolekulyarnyye soyedineniya. – 2013. – T. 55(S). – № 7. – S. 808–828.
8. Bartenev, G. M. Fizika polimerov / G. M. Bartenev, S. Ya. Frenkel pod red. A. M. Yelyashevicha. – Leningrad: Khimiya, 1991. – 432 s.

9. Шибаев, В. П. Пятая всероссийская конференция «Полимеры-2010» / В. П. Шибаев // Высокомолекулярные соединения. – 2011. – Т. 53(С). – № 7. – С. 1166–1167.
10. Бордюк, М. Вивчення властивостей полімерних матеріалів у курсі фізики педагогічних ВНЗ / М. Бордюк // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – №1(70). – С. 45–48.
11. Простомолотова, Е. В. Рассмотрение некоторых вопросов физики полимеров в курсе общей физики / Е. В. Простомолотова // Физическое образование в вузах. – 2008. – Т. 14. – № 1. – С. 23–29.
12. Бордюк, М. Формування знань про полімерні матеріали у майбутніх вчителів фізики / М. Бордюк // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реальність та перспективи. – 2012. – Вип. 32. – С. 33–38.
13. Бордюк, М. А. Науково-методичні аспекти вивчення властивостей полімерних матеріалів у вищій школі / М. А. Бордюк, Б. С. Колупаєв, Т. М. Шевчук // Теорія і методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін. Наукові записки РДГУ. – 2007. – Вип. 10. – С. 40–44.
14. Бордюк, М. А. Організація і методика проведення науково-дослідної роботи студентів при вивченні властивостей макромoleкулярних систем у ВНЗ / М. А. Бордюк // Науковий вісник Південноукраїнського державного педагогічного університету ім. К. Д. Ушинського. – 2008. – № 3. – С. 144–150.
15. Бордюк М.А. Основні напрямки формування знань про полімерні матеріали у майбутніх педагогів / М. А. Бордюк, Т. М. Шевчук, Н. А. Бордюк // Оновлення змісту, форм та методів навчання і виховання в закладах освіти. Наукові записки РДГУ. – 2012. – Вип. 3(46). – С. 140–145.
16. Шевчук, Т. М. Спецкурси з фізики полімерів / Т. М. Шевчук, М. А. Бордюк // do.rshu.edu.ua
9. Shibayev, V. P. Pyataya vserossiyskaya konferentsiya “Polimery-2010” / V. P. Shibayev // Vysokomolekulyarnyye soyedineniya. – 2011. – T. 53(S). – № 7. – S. 1166–1167.
10. Bordyuk, M. Vyvchennya vlastyvostry polimernykh materialiv u kursy fizyky pedagogichnykh VNZ / M. Bordyuk // Fyzyka ta astronomiya v shkoli. – 2009. – № 1(70). – S. 45–48.
11. Prostomolotova, Ye. V. Rassmotreniye nekotorykh voprosov fiziki polimerov v kurse obshchey fiziki / Ye. V. Prostomolotova // Fizicheskoye obrazovaniye v vuzakh. – 2008. – T. 14. – № 1. – S. 23–29.
12. Bordyuk, M. Formuvannya znan pro polimeri materialy u maybutnykh vchiteliv fizyky / M. Bordyuk // Naukovyy chasopys Natsionalnogo pedagogichnogo universytetu imeni M. P. Dragomanova. Seriya 5. Pedagogichni nauky: realiyi ta perspektyvy. – 2012. – Vyp. 32. – S. 33–38.
13. Bordyuk, M. A. Naukovo-metodychni aspekty vyvchennya vlastyvostry polimernykh materialiv u vyshchiy shkoli / M. A. Bordyuk, B. S. Kolupayev, T. M. Shevchuk // Teoriya i metodyka vyvchennya pryrodnycho-matematychnykh i tekhnichnykh dystsyplin. Naukovi zapysky RDGU. – 2007. – Vyp. 10. – S. 40–44.
14. Bordyuk, M. A. Organizatsiya i metodyka provedennya naukovo-doslidnoy roboty studentiv pry vyvchenni vlastyvostry makromolekulyarnykh system u VNZ / M. A. Bordyuk // Naukovyy visnyk Pivdenoukrayinskogo derzhavnogo pedagogichnogo universytetu im. K. D. Ushinskogo. – 2008. – № 3. – S. 144–150.
15. Bordyuk, M. A. Osnovni napryamki formuvannya znan pro polimerni materialy u maybutnykh pedagogiv / M. A. Bordyuk, T. M. Shevchuk, N. A. Bordyuk // Onovlennya zmistu, form ta metodiv navchannya i vykhovannya v zakladakh osvity. Naukovi zapysky RDGU. – 2012. – Vyp. 3 (46). – S. 140–145.
16. Shevchuk, T. M. Spetskursy z fizyky polimeriv / T. M. Shevchuk, M. A. Bordyuk // do.rshu.edu.ua