548:53(049.3)

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ С ОДНОМЕРНЫМ И ДВУМЕРНЫМ ПОРЯДКОМ

Proceedings of the Conference on Liquid Crystals of One- and Two-dimensional Order and Their Applications. Garmisch-Partenkirchen, Fed. Rep. of Germany, January 21—25, 1980/Ed. W. Helfrich, G. Heppke. — Berlin; Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1980. — 416 p. — (Springer Series in Chemical Physics. V. 11).

Рецензируемый сборник трудов конференции по жидким кристаллам показывает возрастающий интерес специалистов разных профилей к этой области фундамен-

тальных и прикладных исследований. С другой стороны, этот же сборник подтверждает мнение многих специалистов, что фундаментальные исследования нематиков в основном закончены. На это указывает как заголовок сборника (жидкие кристаллы с одномерным и двумерным порядком), так и тематика докладов конференции. Первое упоминание о трехмерных системах с одномерным или двумерным порядком (т. е. соответственно о двумерных и одномерных жидкостях) связано с работами Ландау и Пайерлса, опубликованными почти 50 лет тому назад. В этих работах было показано, что такие системы не могут иметь истинный дальний трансляционный одномерный порядок (так как корреляционная функция смещений логарифмически расходится). Разумеется, это строгое утверждение не относится к конечным системам, например к тонким пленкам. Более того, смектические жидкие кристаллы различных типов именно таким порядком и обладают. Для существования же бесконечных трехмерных систем с двумерным трансляционным порядком никаких теоретических запретов нет (соответствующая корреляционная функция конечна). Однако до самого последнего времени физикам такие системы не были известны. Жидкие кристаллы с двумерным трансляционным порядком были открыты Чандрасекаром несколько лет тому назад. Даже определенного названия у них пока еще нет. Большинство исследователей называют их дискотическими жидкими кристаллами. Так вот, труды рецензируемой конференции посвящены в основном смектическим и дискотическим жидким кристаллам.

Часть 1 — упорядоченные смектические фазы и структуры. Из менее традиционных исследований можно отметить работу югославской группы, в которой с помощью методов ЯМР изучены сегнетоэлектрические смектические фазы, а также работу Пика (Франция) «Физические свойства пластических кристаллов». Последняя интересна не только в связи с тем обстоятельством, что пластические кристаллы очень важны в приложениях, но также и потому, что пластические кристаллы в известном смысле могут быть противопоставлены жидким кристаллам (жидкие кристаллы обладают ориентационным порядком, а трансляционный порядок в той или иной степени разрушен; пластические кристаллы, наоборот, обладают трансляционным порядком, а ориентационный — отсутствует).

Часть 2 — А- и С-смектические фазы и структуры. Специальный интерес к этим жидким кристаллам связан как с их свойствами (особенно в свете их приложений), так и в связи с тем, что фазовый переход смектик А — смектик С изоморфен переходу в сверхтекучее состояние в гелии. Еще один фундаментальный аспект свойств этих фаз связан с отмечавшейся выше расходимостью корреляционной функции смещений в системах с одномерным порядком. Из-за этой расходимости в зависимости структурного фактора от волнового вектора появляется некоторый малый индекс (отличающий упорядоченность конечных систем от истинного дальнего порядка). В работе Литстера (США) приведены данные прецизионных рентгеновских измерений структурного фактора, которые позволили определить этот индекс.

Часть 3 — дефекты, упругость и реология смектиков. В этой части можно отметить работу Мартиноти и Тириет (Франция), в которой измерены сдвиговые модули при фазовом переходе смектик А — смектик В. Важность этой работы заключается в том, что до последнего времени не было единого мнения о структуре смектической В-фазы. В упомянутой выше работе строго показано, что модуль $C_{44} \neq 0$, хотя и мал. Поэтому фактически смектик В является истинным трехмерным кристаллом, но с очень малым модулем сдвига C_{44}. Эта малость существенно меняет свойства тонких слоев смектика В (по сравнению с «нормальными» твердыми телами). Достаточно тонкие слои смектика В ведут себя аналогично двумерным системам, и только при толщинах больших отношения «нормального» по величине модуля сжатия к малому модулю сдвига проявляются истинно трехмерные свойства.

Очень интересные работы собраны в части 4 сборника. В них речь идет о так называемых возвратных явлениях. «Обычная» фазовая диаграмма в мезофазах соответствует переходам смектик — нематик — изотропная жидкость. Хотя никаких определенных соотношений между макроскопической симметрией и энтропией не существует, упомянутая выше последовательность переходов кажется естественной (высокотемпературная фаза обладает и более высокой симметрией). Такая же ситуация имеет место и в других областях физики конденсированного состояния. Значительно реже встречаются фазовые диаграммы с обратной последовательностью фаз или с сочетанием последовательностей обоих типов (например, сверхпроводники с кондовскими примесями). В последние годы такие же явления (с возвратными фазами) были экспериментально обнаружены среди жидких кристаллов. В работах этой части сборника собраны и систематизированы экспериментальные данные на эту тему, а также представлены общие термодинамические соображения о причинах появления «возвратных» областей на фазовых диаграммах. Тесно связано с этим явлением возникновение второй гармоники модуляции плотности в смектических фазах, а также переход между соизмеримыми и несоизмеримыми модулированными фазами.

Часть 5 — холестерики и электрооптические применения не нематиков. Наиболее актуальные работы этой части посвящены исследованию все еще не изученной проблемы так называемой голубой фазы холестериков. Эта необычная фаза была обнаружена

еще в прошлом веке, но окончательно ее структура не известна до сих пор. Голубая фаза возникает в узкой области температур вблизи перехода из изотропной жидкости в обычный холестерик. Причем она возможна только в холестериках с достаточно малым шагом спирали. Эта фаза обладает очень удивительными оптическими свойствами. С одной стороны, она оптически изотропна (двойное лучепреломление обращается в нуль), а с другой стороны — имеет место селективное отражение, вращение плоскости поляризации и круговой дихроизм, характерные для обычных холестериков.

Часть 6 сборника посвящена изучению новых объектов, тесно связанных с жидкими кристаллами,— жидкокристаллических полимеров. Эти вещества интересны в том отношении, что они сочетают самые важные и существенные характеристики анизотропных жидкостей и твердых тел.

Часть 7 — лиотропные жидкие кристаллы. Рентгеновские, ЯМР- и магнитные измерения позволили установить, что в зависимости от концентрации возможны квазинематические структуры двух типов с положительной и отрицательной анизотропией магнитной восприимчивости. В первом случае молекулы образуют цилиндрические агрегаты, причем ось цилиндра направлена параллельно магнитному полю. Во втором случае молекулы образуют дискообразные комплексы и ось диска перпендикулярна полю. В обоих случаях сами молекулы упорядочены внутри дисков или цилиндров перпендикулярно полю.

В части 8 собраны работы, связанные с биологическими приложениями жидких кристаллов. Наиболее интересные работы посвящены исследованию биомембран. Обсуждаются несколько моделей липидных мембран. Надо отметить, однако, что эти модели учитывают наиболее грубые механические черты мембран. В лучшем случае некоторые тонкие эффекты (например, взаимодействие липид — протеин) учитываются феноменологически.

Часть 9 — мезофазы из дискообразных молекул. Как уже отмечалось выше, исследования таких мезофаз только начинаются, и работы сборника подводят первый итог этих исследований. В настоящее время известны два типа таких мезофаз. С одной стороны, это нематические жидкие кристаллы. Их отличие от обычных нематиков заключается в том, что роль директора играет не среднее направление длинных осей молекул, а среднее направление нормалей к плоскостям преимущественной ориентации дискообразных молекул. С этим различием связана разница в знаках некоторых оптических, механических, вязких и т. п. коэффициентов. С другой стороны, имеются собственно дискотические мезофазы. Структуру этих мезофаз можно себе представить как систему жидких столбиков, которые образуют двумерную решетку (с гексагональной или квадратной симметрией). Интересно также отметить, что с точки зрения теории Ландау фазовый переход полного отвердевания дискотических жидких кристаллов мог бы быть переходом второго рода.

Резюмируя, можно сказать, что работы, опубликованные в сборнике, посвящены самым актуальным и «горячим» точкам среди всех исследований жидких кристаллов. Важность этих вопросов не только в том, что общая логика научных исследований ведет к изучению все более тонких явлений и во все более сложных объектах и не только в очевидных (а также потенциальных) приложениях. Дело в том, что объекты с одномерным и двумерным порядком имеют большое значение для понимания фундаментальных физических закономерностей. Сборник представляет несомненный интерес для широкого круга научных работников, работающих не только в области физики жидких кристаллов, но также и во многих других разделах физики конденсированного состояния, химической физики и биофизики.

Е. И. Кац