

ZADANIA do kursu PODST. FIZ. MAT. SKOND. 1 (ZMiN)/

VI. Miękka materia [cechy charakterystyczne: skale mezoskopowe, samo-organizacja, struktury hierarchiczne; przedstawiciele: ciekłe kryształy termo- i lio-tropowe, polimery, układy koloidalne].

Ćwicz.

Zad.VI.1. Model łańcucha swobodnie związanego: Zakładamy, że łańcuch polimerowy zbudowany jest z N identycznych segmentów o długości r połączonych w sekwencję liniową. Kolejne segmenty przyjmują przypadkowe położenia niezależnie od położenia i orientacji poprzednich. Oblicz średni kwadrat odległości między końcami łańcucha $\langle R^2 \rangle = Nr^2$ lub zapisany inaczej $\langle R^2 \rangle^{0.5} = \langle R \rangle = rN^{1/2}$.

Zad.VI.2. Efekt objętości wyłączonej i sprężynki (Model Flory'ego): Łańcuch polimeru jest utworzony przez N segmentów każdy o objętości v . Zakładając, że każdy z N segmentów może próbować objętość dostępną dla całego łańcucha, czyli R^3 , ale bez objętości innych segmentów Nv , oblicz entropię konfiguracyjną każdego segmentu (problem gazu nieidealnego Van der Waalsa) a następnie związaną energię swobodną objętości wyłączonej całego łańcucha $F/kT = N^2v/R^3$. Energia ta jest minimalizowana dla rosnącego średniego kwadratu odległości między końcami R . Takiemu wzrostowi R ponad wartość $\langle R \rangle = rN^{1/2}$ sprzeciwia się energia swobodna sprężystości $F/kT = R^2/\langle R^2 \rangle = R^2/Nr^2$. Oblicz promień Flory'ego optymalizujący oba wkłady energii swobodnej $R_F = rN^{3/5}$.

Zad.VI.3. Oblicz wymiar fraktalny dla polimeru łańcucha idealnego (swobodnie związanego) $\langle R \rangle = rN^{1/2}$ oraz łańcucha spuchniętego w wyniku efektu objętości wyłączonej $R_F = rN^{3/5}$. Fraktalny wymiar d jest dany przez liczbę N obiektów (segmentów) w sferze o promieniu R : $d = \frac{d \ln N(R)}{d \ln R}$.

Wykład:

VII. Ciekłe kryształy termotropowe [struktura i identyfikacja faz; przejścia fazowe; wyświetlacze ciekło-kryształiczne].

Ćwicz.

~~**Zad. VII.0. Czyli Zad VI.4.** Przejście ciecz izotropowa I-N tematyk wg teorii Landaua de Gennesa~~

Zad. VII.1. Przejście ciecz izotropowa I-N tematyk wg teorii Maier-Saupe: Funkcja orientacyjna $f(\Theta)$, opisująca prawdopodobieństwo orientacji molekuł pod kątem Θ do (średniej) direktora $f(\Theta) = Z^{-1} \exp[-U(\Theta)/(k_B T)]$, gdzie funkcja rozdziału $Z = \int \exp(-U(\Theta)/k_B T) d \cos \Theta$ oraz pole średnie (molekularne) jest dane przez $U(\Theta) = u_0 P_2(\Theta) \langle P_2(\Theta) \rangle$, gdzie nematyczny parametr porządku $\langle P_2(\Theta) \rangle$ jest określony przez uśredniony wielomian $P_2(\Theta) = (3 \cos^2 \Theta - 1)/2$. W punkcie przejścia N-I: $\langle P_2(\Theta) \rangle = 0.429$ oraz $k_B T / \langle P_2(\Theta) \rangle = 0.2203$. Zakładając $Z = 1.52$ oblicz $f(\Theta)$ dla 10 wartości w zakresie $0-90^\circ$ i sporządź wykres $f(\Theta)$. Skomentuj kształt otrzymanego wykresu $f(\Theta)$. Jakiego kształtu spodziewałbyś się dla fazy izotropowej oraz dla wysoce zorientowanej fazy nematycznej? (*ściśle rozwiązanie rachunkowe modelu Maier-Saupe: Patrz G. Strobl, Condensed matter physics)

Zad. VII.2. Przejście Fredericksa: Zostałeś poproszony, aby zaprojektować wyświetlacz zbudowany ze skręconej fazy nematycznej (twisted nematic display) ciekłego

kryształu, którego stała elastyczna wynosi $K_1 = 5.3 \cdot 10^{-12} \text{ N}$. Jeżeli anizotropia dielektryczna $\epsilon_a = 0.7$, ile wynosi napięcie przełączania wyświetlacza dla komórki o grubości 10 mikrometrów?

Zad. VII.3. Magnetyczne przejście Fredericksa: Wyprowadź równanie na przeorientowanie skręconej fazy nematycznej za pomocą pola magnetycznego. Równanie na orientującą indukcję magnetyczną B jest podobne do tego na (elektryczne) przejście Fredericksa, ale zawiera przenikalność magnetyczną próżni μ_0 oraz anizotropię podatności magnetycznej $\Delta\chi$. Oblicz, indukcję magnetyczną dla komórki o grubości 10 mikrometrów na przeorientowanie molekuł 5CB o anizotropii podatności $\Delta\chi = 2.14 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$ oraz gęstości 1.008 g/cm^3 . Czy uzyskana wartość 0.54 T jest duża czy mała?