

UDC 533.9.004.14; 621.039.6

¹L.P. Mezhev-Deglin*, ¹V.B. Efimov, ¹A.V. Lokhov, ²V.V. Nesvihevsky,
²C. Dewhurst, ³G.V. Kolmakov

¹Institute of Solid State Physics RAS, Chernogolovka, Moscow region, 142432, Russia;

²Institute Laue-Langevin, Grenoble, France;

³New York City College of Technology CUNY, Brooklyn, USA

*E-mail: mezhov@issp.ac.ru

Nanocluster impurity gels in superfluid He-II

We discuss here some results of our SANS studies of structure of the impurity-helium condensates, gel samples, prepared by condensation of the gas mixture $4\text{He} + 2\%$ of the impurity (D_2 , O_2 , vapors of D_2O or $\text{C}_2\text{D}_5\text{OD}$) on the surface of superfluid He-II cooled below 1.8 K. The impurity nanoclusters covered by a layer of solidified He form the backbone (a dispersive system) of the gel, and liquid helium in the nanopores between the cluster aggregates serves as a dispersion medium.

Key words: superfluid helium, neutron scattering, nanocluster, cryocondensates.

Л.П. Межов-Деглин, В.Ф. Ефимов, А.В. Лохов, В.В. Несвихевский,
 С. Дьюхерст, Г.В. Колмаков

Нанокластеры примесных гелей в сверхтекучем He-II

В данной работе обсуждены результаты наших исследований методом МНР (малоуглового нейтронного рассеяния) примесь-гелиевых конденсатов, образцов геля, приготовленных конденсацией газовой смеси $4\text{He} + 2\%$ примеси (D_2 , O_2 , пары D_2O или $\text{C}_2\text{D}_5\text{OD}$) на поверхности сверхтекучего He-II, охлажденного до температуры ниже 1,8 К. Нанокластеры примеси, покрытые слоем твердого He, образуют основу (дисперсную систему) геля, а жидкий гелий в нанопорах между кластерными агрегатами служит дисперсной средой. Численная оценка характеристических размеров D_2O или $\text{C}_2\text{D}_5\text{OD}$ кластеров в образце геля дает результат в диапазоне 10-15 нм.

Ключевые слова: сверхтекучий гелий, нейтронное рассеяние, нанокластер, криоконденсат.

Л.П. Межов-Деглин, В.Ф. Ефимов, А.В. Лохов, В.В. Несвихевский,
 С. Дьюхерст, Г.В. Колмаков

Асқын аққыш He-II қоспалы гелдердің нанокластерлері

Бұл жұмыста АНШ (аз бұрышты нейтронды шашырау) әдісімен жасалған гелийлі конденсаттардың, $4\text{He} + 2\%$ газ қоспасының конденсациясының 1,8 К төмен температураға дейін суытылған асқын аққыш He-II бетіне араластырылуымен (D_2 , O_2 , D_2O немесе $\text{C}_2\text{D}_5\text{OD}$ булары) жасалған гел үлгілерін зерттеулеріміздің нәтижелері талқыланған. Қатты He қабатымен жабылған нанокластерлер қоспалары гелдің негізін (дисперсті жүйені) құрайды, ал кластерлік агрегаттардың арасындағы наноқұыстардағы сұйық гелий дисперсті орта болып табылады. Гель үлгісінде D_2O немесе $\text{C}_2\text{D}_5\text{OD}$ сипаттамалық өлшемдерін сандық бағалау 10-15 нм аралықта нәтиже береді.

Түйін сөздер: асқын аққыш гелий, нейтронды шашырау, нанокластер, криоконденсат.

We discuss here some results of our SANS studies of structure of the impurity-helium condensates, gel samples, prepared by condensation of the gas mixture $4\text{He} + 2\%$ of the impurity (D_2 , O_2 , vapors of D_2O or $\text{C}_2\text{D}_5\text{OD}$) on the surface of superfluid He-II cooled below 1.8 K. The impurity nanoclusters covered by a layer of solidified He form

the backbone (a dispersive system) of the gel, and liquid helium in the nanopores between the cluster aggregates serves as a dispersion medium. From the results of the SANS measurements we found that the characteristic sizes of the D_2 or O_2 clusters are distributed in a wide range from 100 to 1 nm. The numerical estimations for the characteristic sizes of

D₂O or C₂D₅OD clusters in the gel sample give the range of 10 – 15 nm.

The weakly connected impurity nanoclusters in bulk of the sample in He-II cooled below a few mK might be used for cooling of cold neutrons below the ultra-cold temperature level. The reasons for significant interplay between nanocluster condensate with slow neutrons are, on one hand, in an approximate equality of wavelength of the last and characteristic size of inhomogeneities in gels and, on another hand, relatively high cross-section of neutrons scattering on a backbone of the condensate. For example, we've observed strong changes in angular distribution of neutrons scattered on D₂O sample of size 2.8 cm with variation in the neutron energy: At low energies $E < 0.5$ K neutrons show isotropic s-scattering, whereas the increase

of neutron energy up to 5 K results in strongly anisotropic scattering where ~90% of neutron beam is scattered into the small angle of a few degrees.

A thick layer of a fine-grained ice powder, which is formed during the gel disintegration, could also be used as coverage of the inner walls of cold neutron guides to decrease the neutron losses.

From the numerical estimations it follows that the magnetic susceptibility of 100 nm-size oxygen clusters at temperatures below 2 K is enough high. In effect, and oxygen gel samples in He-II could form a magnetic structure in an external magnetic field $H > 200$ G, and this structure might be close to a ferromagnetic structure. This opens new opportunities for further studying of the impurity gel samples with the use of spin polarized neutrons.