

# КРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ

Авторы: А. Я. Паршин

---

КРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ, слабо затухающие колебания границы раздела квантовый кристалл – сверхтекучая квантовая жидкость, обусловленные периодич. плавлением и кристаллизацией. К. в., распространяющиеся вдоль границы раздела, экспериментально наблюдались в  $^4\text{He}$ . Механизм возникновения К. в. состоит в том, что в равновесии квантовый кристалл имеет определённую форму, обеспечивающую минимум свободной энергии его поверхности, и любое отклонение формы кристалла от равновесной приводит к увеличению поверхностной энергии. Поэтому любая неравновесная форма кристалла будет изменяться за счёт кристаллизации или плавления так, чтобы поверхностная энергия уменьшалась. С др. стороны, вследствие разности плотностей двух фаз рост и плавление кристалла вызывают движение жидкости, т. е. увеличение кинетич. энергии системы. В результате поверхность будет испытывать слабо затухающие колебания, во многом похожие на обычные [капиллярные волны](#) на границе раздела жидкости и газа. Отличие состоит в том, что в случае К. в. движение границы целиком обусловлено периодич. плавлением и кристаллизацией, а в объёме кристалл остаётся неподвижным и недеформированным.

Для существования К. в. необходимо, чтобы полная диссипация энергии, сопровождающая кристаллизацию и плавление, была достаточно мала. В случае границы сверхтекучая квантовая жидкость – квантовый кристалл (поверхность кристалла  $^4\text{He}$ ) возникновение К. в. оказывается возможным, если темп-ра  $T$  достаточно низка (гораздо ниже  $\lambda$ -точки) и если поверхность кристалла находится в особом квантово-шероховатом состоянии, являющемся квантовым аналогом классич. атомно-шероховатого состояния (см. [Кристаллизация](#)).

Квантово-шероховатое состояние, как и классическое, характеризуется большим

количеством термодинамически равновесных дефектов поверхности (ступеней и изломов на ступенях). Осн. отличие состоит в том, что в квантовом случае изломы на ступенях ведут себя как квазичастицы, т. е. их движение, а следовательно и движение самих ступеней, практически не сопровождается диссипацией энергии. Поэтому рост и плавление кристалла с квантово-шероховатой поверхностью, обусловленные движением изломов и ступеней, могут происходить практически бездиссипативно.

Бездиссипативность означает, что кристалл может расти и плавиться при ничтожных внешних воздействиях. Так, при  $T < 1$  К кристаллы  ${}^4\text{He}$  размером порядка 1 см с квантово-шероховатой поверхностью принимают равновесную форму в поле силы тяжести за время  $\ll 1$  с. При этом поверхность кристалла имеет вид выпуклого мениска, и К. в. на ней могут быть возбуждены с помощью переменного электрич. поля или механич. вибраций прибора.

Поверхность кристалла  ${}^4\text{He}$  при низких темп-рах в зависимости от её ориентации относительно осей кристалла может находиться либо в квантово-шероховатом, либо в классич. атомно-гладком состоянии. Атомно-гладкая поверхность не обладает свойством бездиссипативной кристаллизации, и К. в. на ней существовать не могут. Согласно теории, К. в. возможны также и в  ${}^3\text{He}$  при  $T \ll 1$  мК.

## Литература

Лит.: Андреев А. Ф., Паршин А. Я. О равновесной форме и колебаниях поверхности квантовых кристаллов // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1978. Т. 75. Вып. 3; Паршин А. Я. Когерентная кристаллизация и кристаллизационные волны // Природа. 1982. № 5; Андреев А. Ф. Квантовые кристаллы – новое состояние вещества // Академик И. М. Лифшиц. М., 1987.