

# Лауреаты Нобелевской премии по физике 2016 года

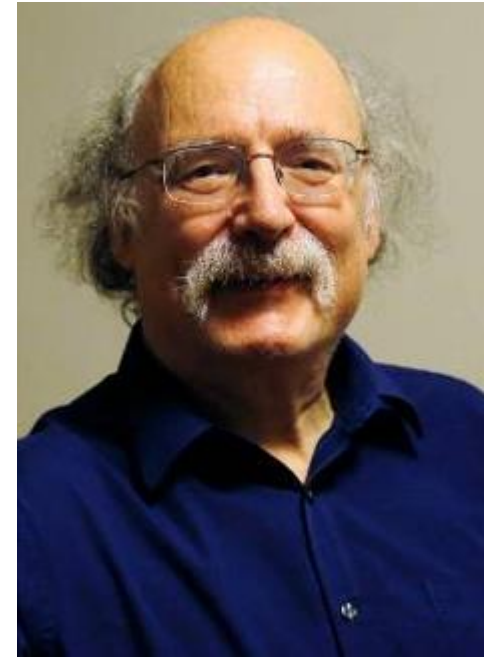
*за теоретические открытия  
топологических фазовых переходов и топологических фаз материи*



Майкл Костерлиц  
John Michael Kosterlitz



Дэйвид Таулесс  
David James Thouless



Данкан Холдейн  
Frederick Duncan  
Michael Haldane

# Фазовые переходы

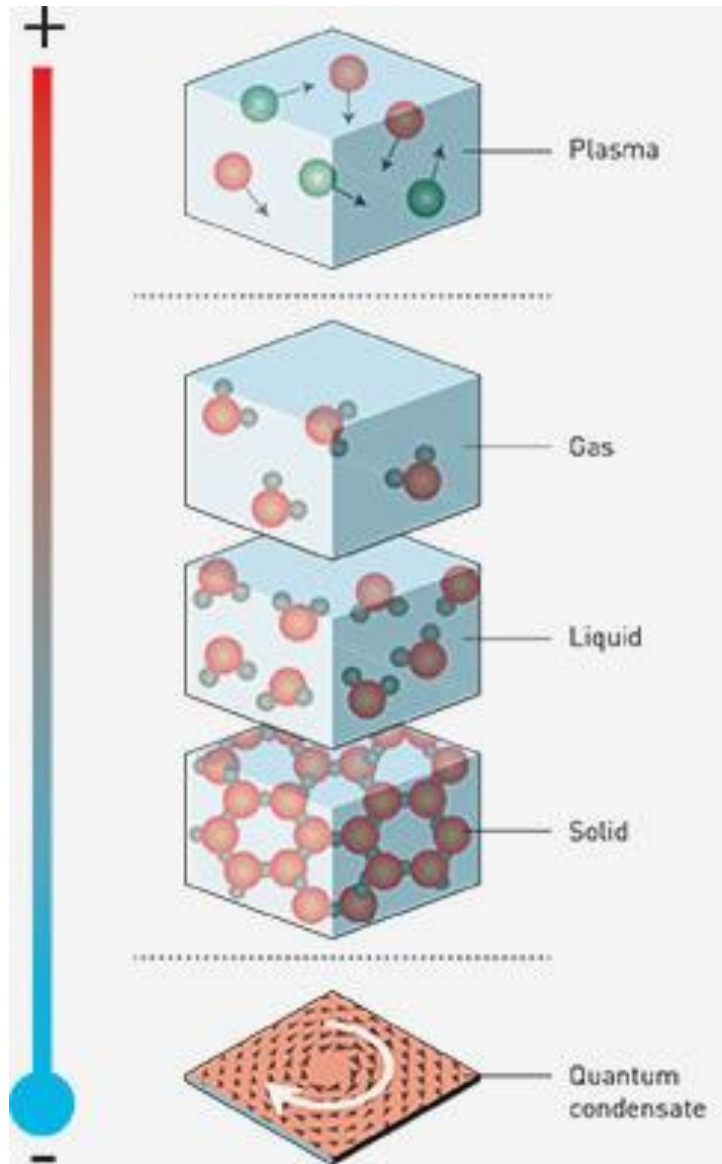
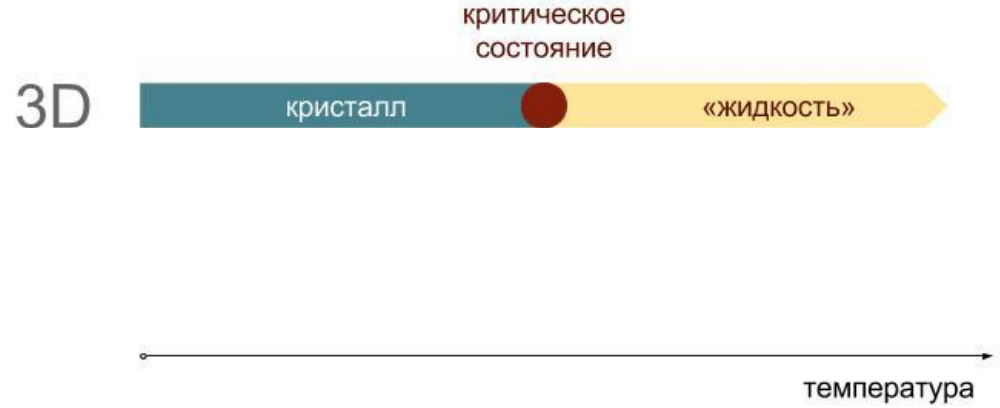


Illustration: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences



## Топологические фазовые переходы

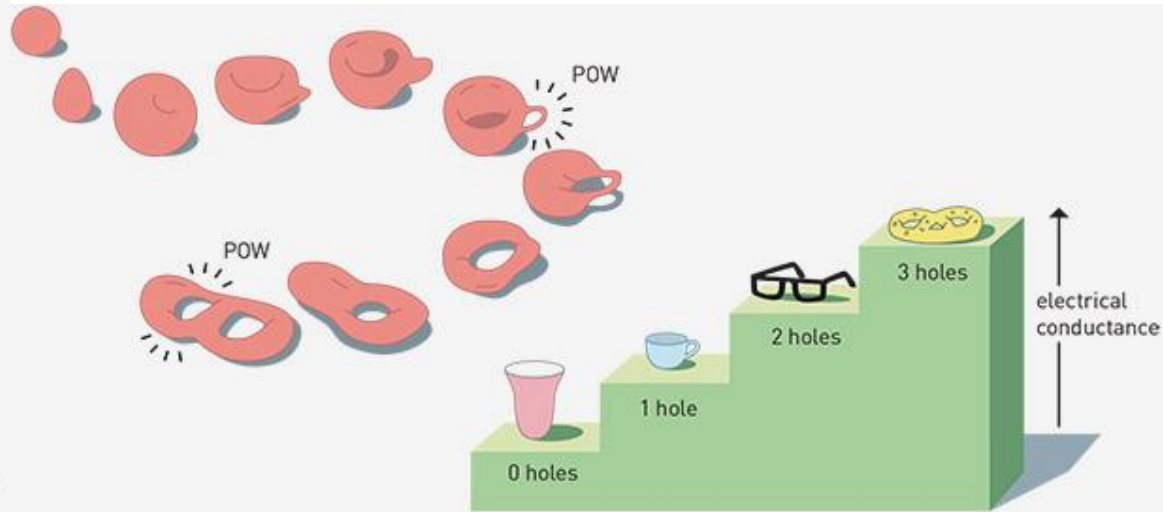
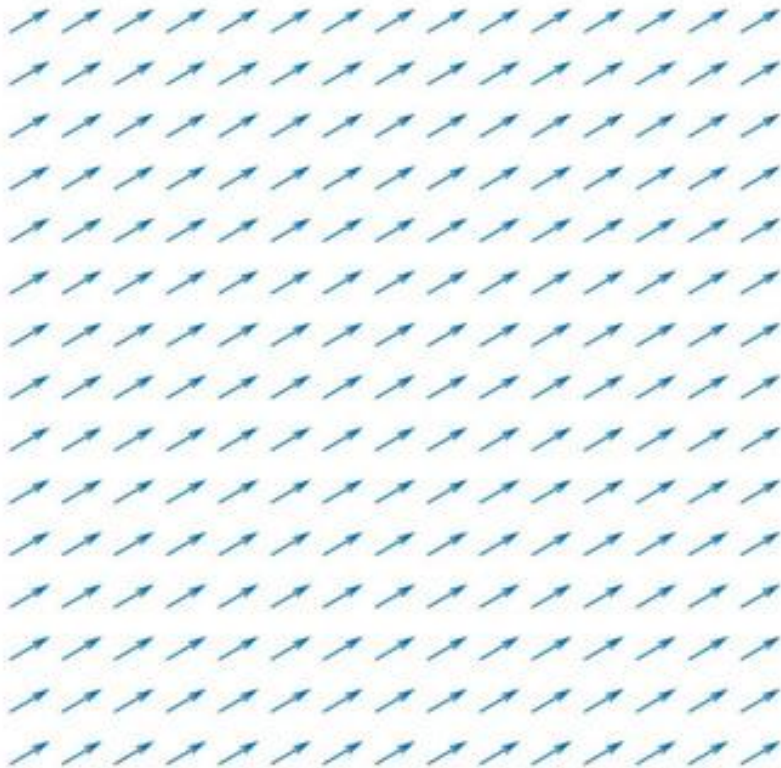
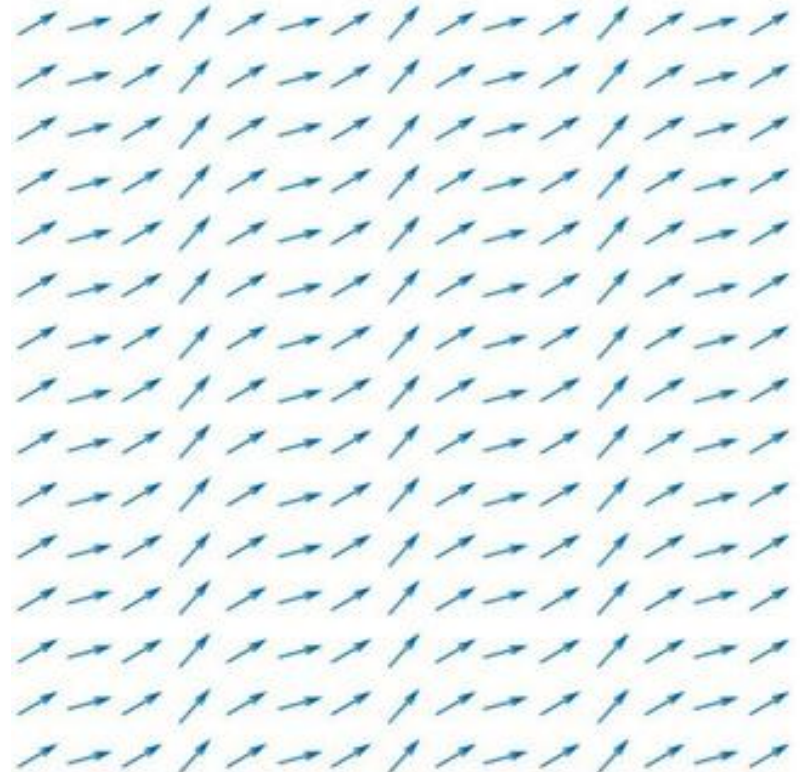


Illustration: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Основное состояние  
квадратной решетки  
со взаимодействующими спинами

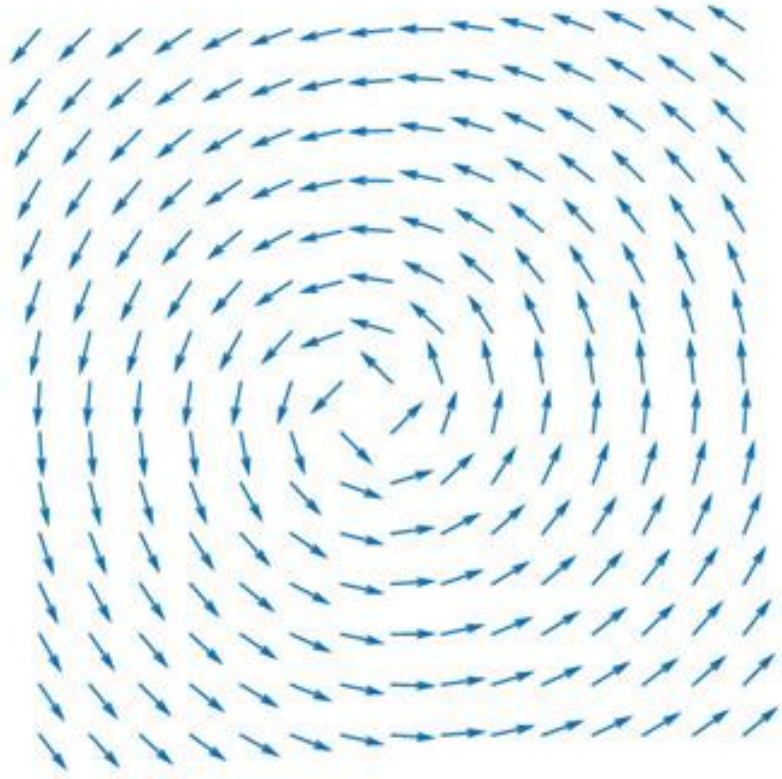


Спиновая волна – топологически  
тривиальное возбуждение

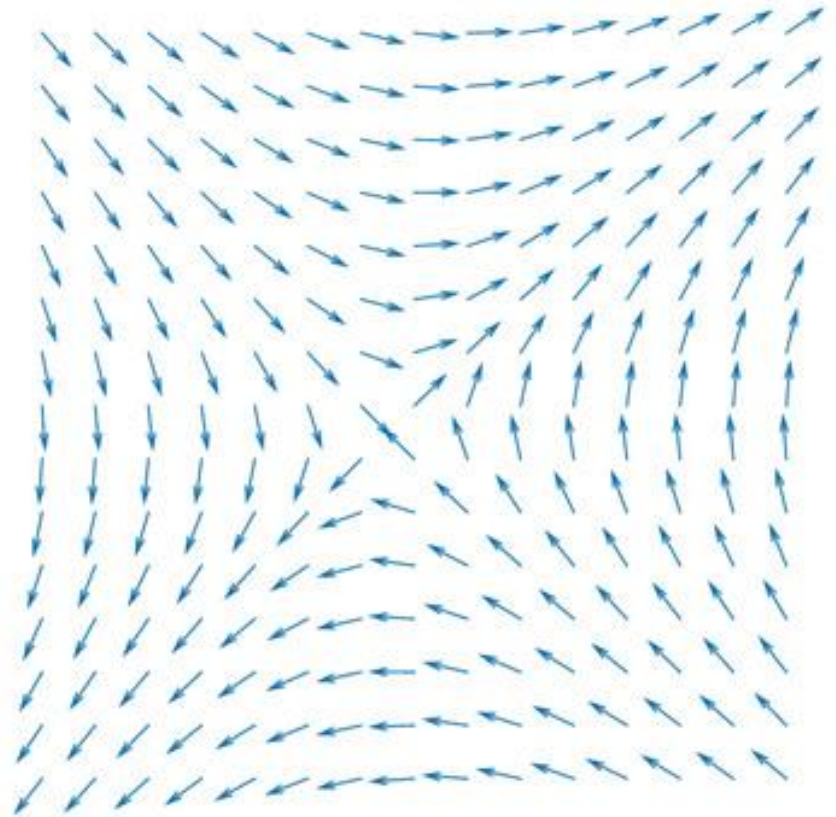


Топологически нетривиальные возмущения решётки  
!только в двумерном состоянии!

Вихрь



Антивихрь



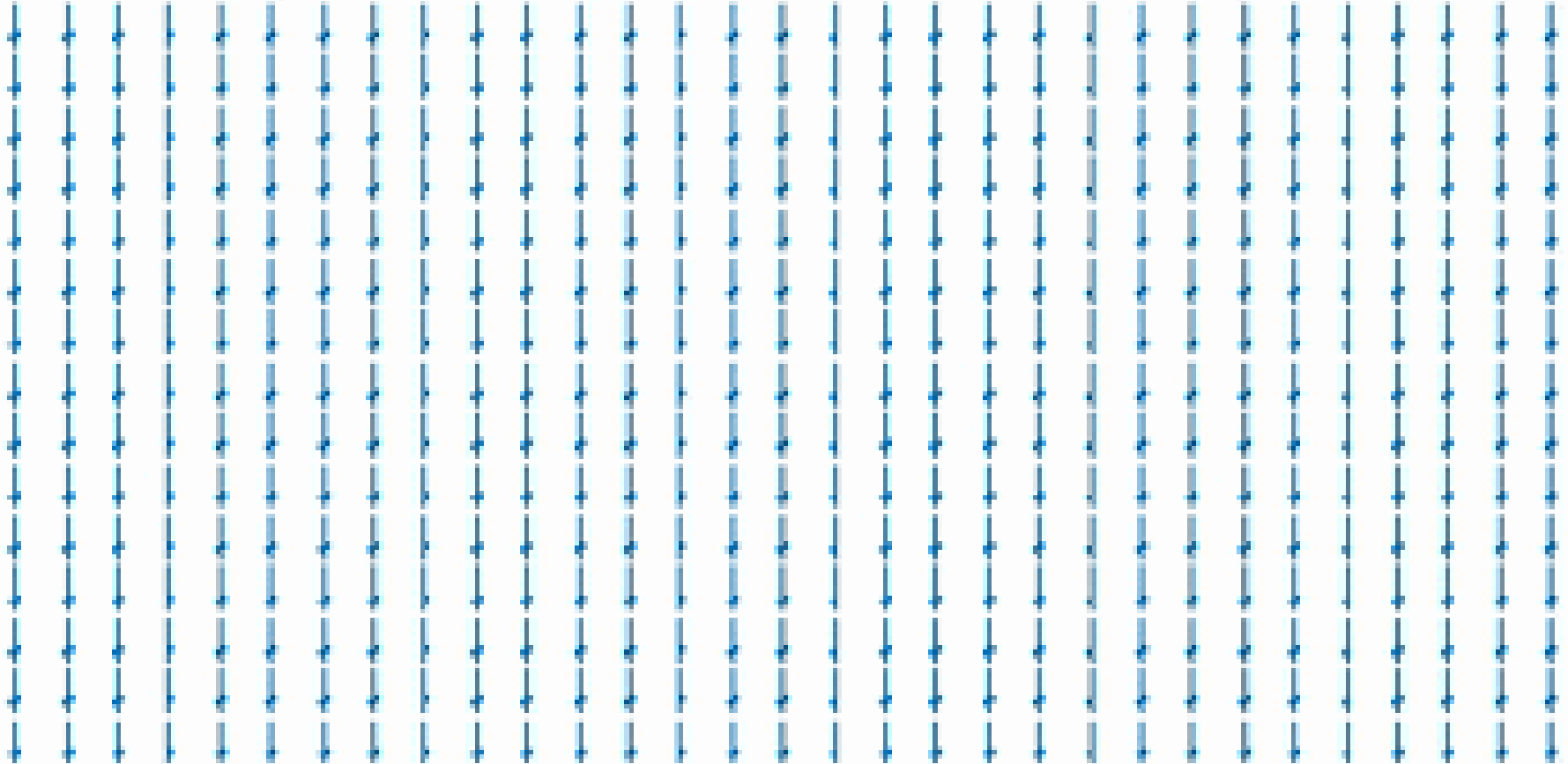
Требуется довольно большая энергия для рождения возмущения

Рождение и исчезновение пары вихрь-антивихрь

Затрачиваемая энергия очень мала

(Березинский Вадим Львович, 1935-1980)

В.Л. Березинский, ЖЭТФ 59, 907 (1970); ЖЭТФ 61, 1144 (1971);



Топологический фазовый переход при повышении температуры  
от газа практически не взаимодействующих связанных пар вихрь-антивихрь  
к газу взаимодействующих вихрей  
(Майкл Костерлиц, Дэвид Таулесс)

J.M. Kosterlitz and D. Thouless, J.Phys. C 6, 1181 (1973);

D.R. Nelson and J.M. Kosterlitz, Phys. Rev. Lett. 39, 1201 (1977)

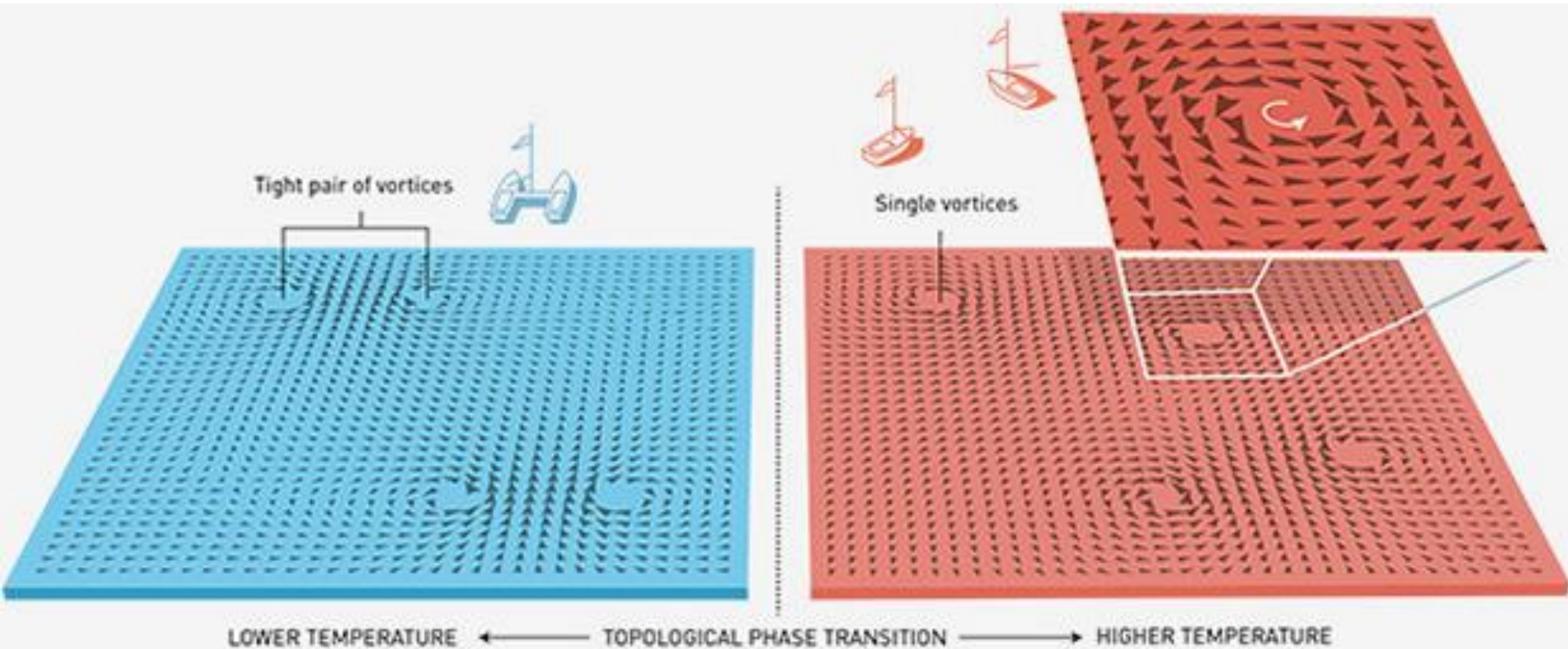


Illustration: © Johan Järnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

# Топологический фазовый переход Березинского-Костерлица-Таулесса

Энергия взаимодействия вихрей:

$$U = E_0 \ln ( R / r_0 )$$

Энтропия:

$$S = 2k_B \ln ( R / r_0 )$$

( $r_0$  - размер ядра вихря)

Свободная энергия:

$$F = U - TS = E_0 \ln ( R / r_0 ) - 2k_B T \ln ( R / r_0 )$$

**Переход ВКТ при  $T = T_{ВКТ} = E_0 / 2k_B$**

**Необходимо логарифмическое взаимодействие между элементами.**

Двумерные кристаллы (плавление через гексатическую фазу)

Сверхтекучесть гелия в тонких пленках

Сверхпроводимость и сверхизоляция в плоских слоях сверхпроводящих материалов

Сверхпроводимость и сверхизоляция в решетках из сверхпроводящих элементов

Магнетизм в слоистых материалах

Ступенчатое изменение проводимости очень тонких электропроводящих слоев

Целочисленный квантовый эффект Холла (F. D. M. Haldane)

Цепи цепей маленьких магнитов в некоторых материалах (F. D. M. Haldane)

и многое другое...