



VL Ginzburg Center

Неопознанные и опознанные сверхпроводящие объекты с критической T_c около комнатной

В.М. Пудалов

ФИАН

■ Две проблемы постоянно будоражат умы:

(1) термоядерный синтез и

(2) Комнатно-температурная сверхпроводимость

Решение любой из них рассматривается как *holy grail*



VL Ginzburg Center

Unidentified and Identified Nearly Room Tc Superconducting Objects

В.М. Пудалов ФИАН

- Проблемы порождают попытки их простого решения:
 - (1) “холодный” термоядерный синтез в домашних условиях и
 - (2) сверхпроводимость при 300К как-нибудь попроще

Решение любой из них, благодаря средствам массовой Информации, рассматривается как ***holy grail***

История: “Холодный” термоядерный синтез

- ХТС при электролизе на Pd
- ХТС при ультразвуковой кавитации ацетона
- «Катализатор энергии России» по превращению Ni в Cu
- «Трансмутация» Ca и O в N в живых организмах

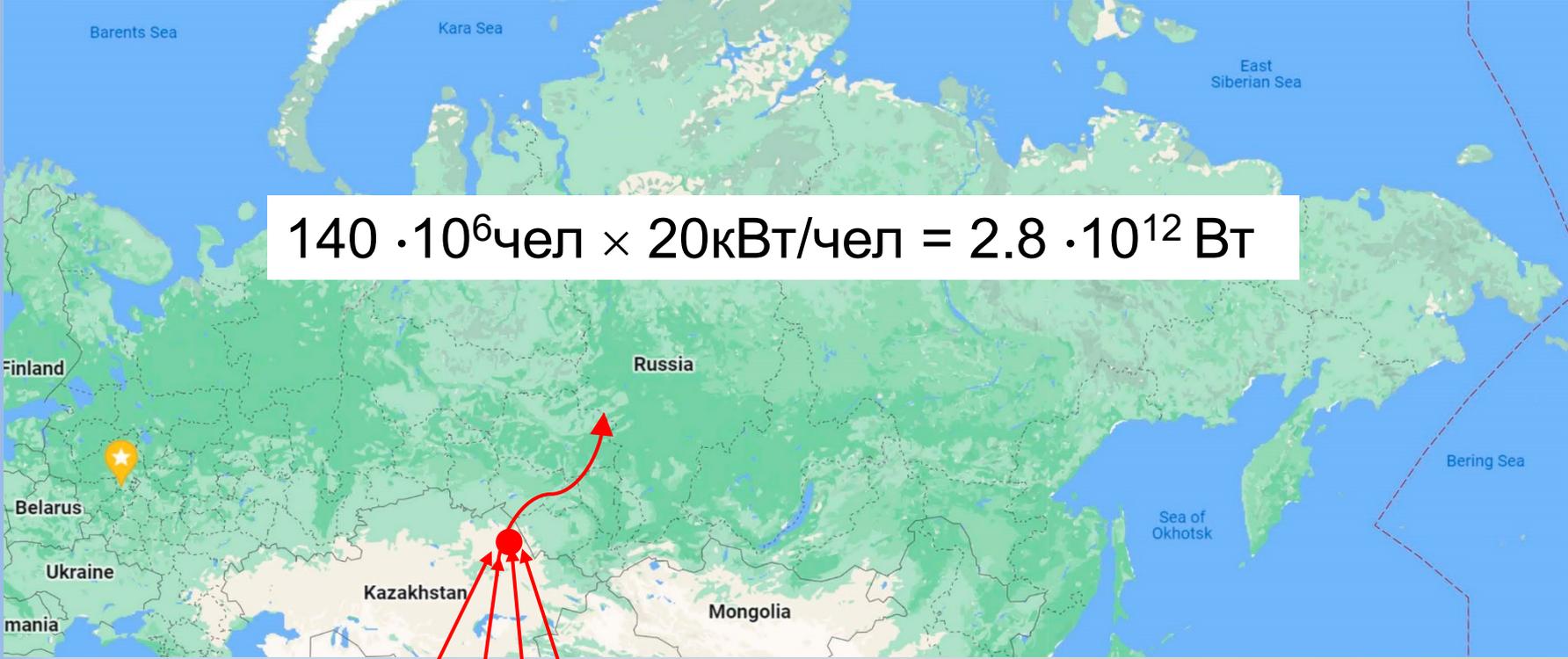
Ca в скорлупе [яиц](#) формируется с помощью [холодного термоядерного синтеза](#)

Luis Kervran, Ig Nobel Prize, 1993 (posthumously), \$10¹²

[Annual International Conference on Cold Fusion](#) (с 1990)
(США, Китай, Канада, Япония, Индия, Россия, Монако)

Сверхпроводимость при “комнатной” T

Солнечная энергетика



$140 \cdot 10^6 \text{ чел} \times 20 \text{ кВт/чел} = 2.8 \cdot 10^{12} \text{ Вт}$

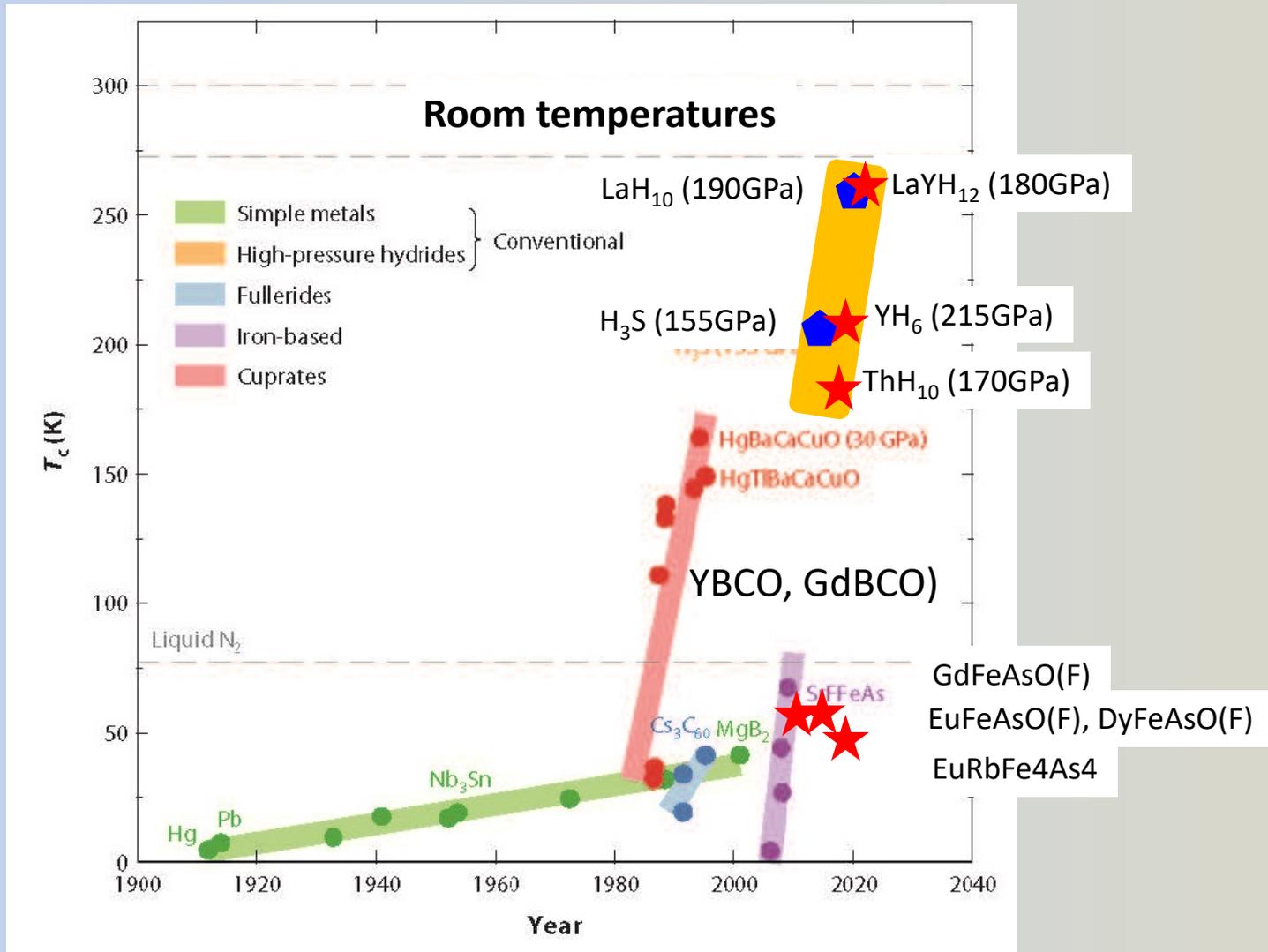
От Солнца падает
 $1 \text{ кВт/м}^2 = 10^6 \text{ кВт/км}^2$

Застроим площадь $50 \times 50 \text{ км}^2$
солнечными панелями

Сверхпроводимость при комнатной температуре

- История в 3х частях с Прологом и Эпилогом

Пролог: общая история открытия сверхпроводников



Новейшая история, Ч.1: воспроизводимые ВТСП-гидриды

- 1968 2004-06** – N. Ashcroft-Hoffman proposal: Metallic H, Hydrides (SiH_4).
- 2006-15**: Theor predictions, num.comput., Exp: SiH_4 , CH_4 , GeH_4 , LiBH_4 , NaBH_4 , NH_3BH_3 , $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$, AlH_3 ,
- 2015** H_2S ($T_c=50 \rightarrow 150\text{K}$ @ 1.7МБ); H_3S ($T_c=203\text{K}$) @ 3МБ - Еремец и др
- 2017-19** LaH_{10} (250K @ 1.7МБ) – Geballe et al.; Дроздов и др.; Троян и др.
- 2019** ThH_9 , ThH_{10} ($T_c = 161\text{K}$ @ 1.7МБ) – Семенов и др.
- 2019** CeH_9 , CeH_{10} ($T_c=110\text{K}$) Salke et al.; Li et al.
- 2021** YH_6 ($T_c=224\text{K}$ @ 1.7МБ), Троян, Семенов и др.
- 2021** LaYH_{10} (253K @ 1.8МБ) Троян, Семенов и др.
- 2021** YH_9 ($T_c=243\text{K}$) Kong et al.
- 2022** $(\text{LaCe})\text{H}_{10}$ ($T_c=176\text{K}$ @ 1МБ) Семенов и др.
- 2022** $(\text{YCe})\text{H}_{10}$ ($T_c=140\text{K}$ @ 1.2МБ) Chen et al.;
- 2023** CaH_6 (210K@1.6МБ);
- 2022** $\text{N}:\text{LuH}_{12}$ ($T_c 294$ @10кВ) Elliott Snider (U of Roch). Nature. Retracted

Ч.2: Невоспроизводимые или неподтвержденные ВТСП

1978 exp: CuCl (170K, 5кБ). *Брандт, Русаков*

2000 C70 (52K). *Shön et al.*, Nature.

Retracted

2000 pentacene, tetracene, anthracene. *Shön et al.*, Nature.

Retracted

2001 hole-doped C60/CHBr₃ (117K) *Shön et al.*, Science.

Retracted

2001 CaCuO₂ (89K). *Shön et al.*, Nature.

Retracted

2001 Oligophenylenevinylene. *Shön et al.*, Adv.Mat.

Retracted

2001 spin-ladder compound [CaCu₂O₃]₄. *Shön et al.*, Science.

Retracted

2020 C-SHx (287K@264GPa). *Snider et al. Uof Roch*, Nature

Retracted

2019 theory: Li₂MgH₁₆ (475K @250 GPa). *Sun et al* PRL (2019)

2022 exp: NLuH₁₂(300K@1GPa) *Snider*. Nature

Retracted

2022 theory: LuH₁₀ (286K@175GPa?); 110K?

2023 exp: line defects on graphite *Kopelevich* (300K)

2023 exp: Cu-apatite LK99 (400K, normal env.)

Легированный апатит LK-99 $\text{Pb}_{10-x}\text{Cu}_x(\text{PO}_4)_6\text{O}$

Что заявлено в 2307.12037 и 2307.01192

- (1) Хим. состав и формула реакции получения вещества.
- (2) Скачки сопротивления $R(T)$ при $H=0$. Скачкообразные $V(I)$
- (3) Исчезновение скачка в магнитном поле $\sim 0.3\text{T}$.
- (4) Гистерезис DC- $M(H)$ и AC- $\chi(T)$
- (5) T -зависимость теплоемкости
- (6) “Полу”-левитация над поверхностью магнита

Легированный апатит LK-99 ($\text{Pb}_{10-x}\text{Cu}_x(\text{PO}_4)_6\text{O}$)

Нестыковки в 2307.12037 и 2307.01192

(1) Хим. состав и формула реакции получения вещества.

В приведенной формуле реакции нарушен закон сохранения массы участвующих элементов (по Cu и P).

Нарушен закон сохранения заряда (степени окисления).

(2) Температурная зависимость сопротивления $R(T)$ имеет спорадические скачки. Скачки крайне резкие ($\sim 0.1\text{K}$). Такой резкий переход не бывает у СП II рода. Измерения не проведены до мкА и нА- токов. Используются грубые измерит. приборы.

(3) Крайне малая величина $H_c \sim 0.3\text{T}$. Ей отвечает малая величина магнитной энергии $H^2/8\pi = 2.5 \times 10^{-4}$ мэВ, на 5-6 порядков меньше энергии декларируемого “СП” состояния $k_B T_c \sim (40-150)\text{мэВ}$.

Нестыковки в 2307.12037 и 2307.01192

(4) Магнитные измерения.

Из измерений восприимчивости видно, что даже при $T > T_c$ образцы имеют большую диамагнитную (или ферромагнитную) восприимчивость. Изменения восприимчивости за счет «СП перехода» составляют малую долю от изначальной восприимчивости.

(5) Теплоемкость. На зависимости $C(T)$ в начальных препринтах нет скачка при $T = T_c$.

(6) Вообще, левитация не есть док-во эффекта Мейснера.

Вспомните левитацию лягушки в магнитном поле.

Хуже того, вместо левитации продемонстрирована

“полулевитация” - образец опирается одним концом на магнит.

Так ведет себя одноосный ферромагнетик.

Пример: “левитирующая ручка”

Легированный апатит LK-99 (2307.12037 и 2307.1200)

Нестыковки в 2307.12037 и 2307.01192

(5) Вообще, левитация не есть док-во эффекта Мейснера.

Пример: “левитирующая ручка”



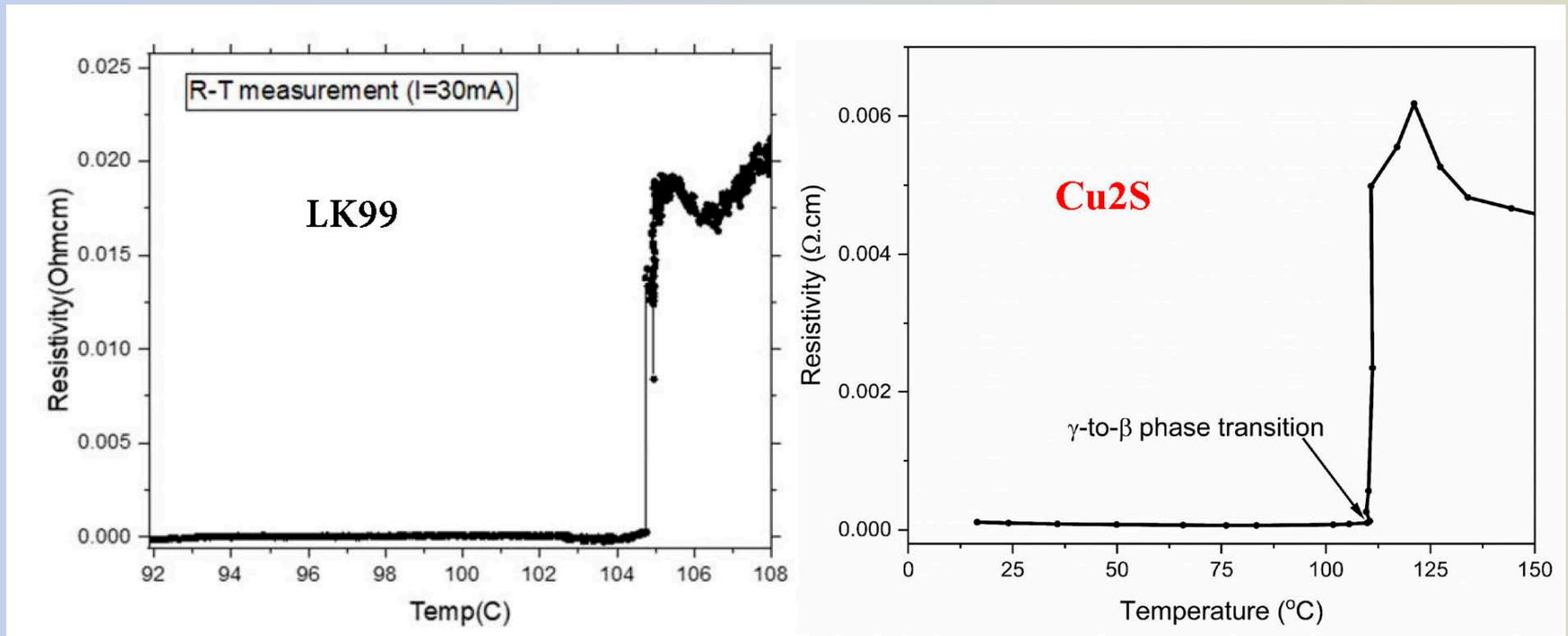
ч.3. Разгадка в 2х ходах



1. Примесь Cu_2S в матрице апатита вызывает резкое падение сопротивления всего образца вследствие структурного перехода при $T \sim 110^\circ\text{C}$. Образец остается изолятором при $T > T_c$ и $T < T_c$
2. Матрица апатита есть ферромагнетик.

Легированный апатит LK-99 (2307.12037 и 2307.1200)

ч.3. Разгадка в 2х ходах



2. Матрица апатита есть мягкий ферромагнетик.

Авторы и их квалификация

Sukbae Lee (основной автор)- Dr of Engineer, C.E.O & Researcher at Q-centre, Seoul, (имеет 1 опубликованную статью про расчеты уравнения состояний жидкость-газ).

Ji-Hoon Kim, Q-Centre Inc. Основатель и директор Центра. Ранее занимался прикладными исследованиями в области физ-химии материалов для электроники.

Young-Wan Kwon, Prof. Korean University, Seoul.
Занимался исследованиями в области химии материалов (полимеры, биоматериалы, DNA и т.п.). h=18
Уволился из Q-центра и из университета.

LK-99 Эпилог

- [March 31, 2023: paper published in Korean J Crystal Growth doi:10.6111/JKCGCT.2023.33.2.061](#). Retrieved 25 July 2023.
- Aug.2, 2023: the *The Korean Society of Superconductivity and Cryogenics* established a Verification Committee. On Aug. 15, the Committee concluded “the measured properties do not prove that LK-99 is a superconductor. An explanation for LK-99's magnetic response could be from a mix of [ferromagnetism](#) and non-superconductive [diamagnetism](#)”
- Jul 28: Korea Univ declared that Kwon was no longer in contact with the University and had left the Q-Centre Research Institute four months previously.
- Aug 16: Nature published an article declaring that LK-99 had been demonstrated to not be a superconductor, but rather an insulator.

Уроки из истории LK99

- Полезно помнить историю физики.
- Полезно не забывать основы общей физики и химии.
- Полезно критически рассматривать препринты и статьи (особенно Nature и Science)

**Новые термины вошли в обиход:
“Half-levitation”,
“USO”,
“Hot superconductivity”**

Спасибо за внимание!