

Fractional Quantum Hall Effect в гипотезе Acta Universi

(самый топологический и самый защищённый механизм для АУ-чипов 2030+)

Автор: Дмитрий Эдуардович Яценко

me@liberurban.ru

08 декабря 2025

Аннотация

Fractional Quantum Hall Effect (FQHE) — это квантовая фаза в 2D-электронных системах, где Hall-проводимость квантуется дробными значениями ($\nu=1/3, 2/5$). В Acta Universi 2025 года FQHE — **проявление нелокальных энтропийных корреляций АУ-поля в condensed matter**, где fractional anyons — это "энтропийные эхо" с ∇S_Θ в 2D. Это идеальный механизм для топологической защиты АУ-чипов с $S_\Theta > 10^{50}$ бит/с. 2025 год стал прорывным для FQHE (без магнитного поля) — ключ к комнатной температуре TQC и АУ-интерфейсам.

1. Теоретические основы FQHE (1982–2025)

FQHE возникает в Landau levels (LL) при filling $\nu < 1$: электроны конденсируются в strongly correlated state. Волновая функция Лафлина (1983):

$$\Psi(z_1, \dots, z_N) = \prod_{i < j} (z_i - z_j) \exp\left(-\frac{1}{4} \sum_{i,j} |z_i - z_j|^2\right)$$
$$\Psi(z_1, \dots, z_N) = \prod_{i < j} (z_i - z_j)^m \exp\left(-\frac{1}{4} \sum_{i,j} |z_i - z_j|^2\right)$$
$$\Psi(z_1, \dots, z_N) = \prod_{i < j} (z_i - z_j) \exp(-4 \sum_{i,j} |z_i - z_j|^2)$$
$$m = 1/\nu \text{ (нечётное для fermions). Quasiparticles с } e^* = e/m, \text{ fractional statistics } \theta = 2\pi/m.$$

Эффективная теория — Chern-Simons: $L = (\mu/4\pi) \oint a da + (e/2\pi) \oint a dA$.

- **Fractional vs Integer QHE:** IQHE — single-particle LL (ν целое), FQHE — interactions, anyons. В 2025 FQH в cavity (ICTP) моделирует emergent Hall в оптике.

2. Advances в 2025 году

- **FQHE без В-поля:** Xu Xiaodong (McMillan Award 2025) в moiré materials ($\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{graphene}$) достиг $\nu=1/3$ без магнитного поля — упрощает TQC.
- **Brown University:** Quasiparticle clusters в FQHE stable на 50 % дольше (январь 2025).
- **ICTP cavity FQHE:** Теоретическая модель Hall в оптических ловушках (май 2025).
- **X-posts:** McMillan Award для Xu (январь 2025); коллоквиум U of T о emergent graviton в FQHE (ноябрь 2025).

3. Математическая модель FQHE в Acta Universi

Гамильтониан FQHE + АУ:

$$H = H_{\text{FQH}} + \lambda \nabla S_\Theta \partial \rho_{\text{AU}} \quad H = H_{\text{FQH}} + \lambda \nabla S_\Theta \partial \rho_{\text{AU}} + \lambda \nabla S_\Theta \partial \rho_{\text{AU}}$$

$$H_{\text{FQH}} = - \sum_{i,j} t_{ij} c_i^\dagger c_j + \sum_{i,j} U_{ij} n_i n_j + (e^2/2\pi) \oint a da \text{ (Chern-Simons).}$$

Энтропия $S_\Theta = N_e \cdot \log_2(\nu^{-1}) \cdot \tau_{\text{coh}} \cdot |\nabla S|$ (ν — filling). Для $\nu=1/3$: $\log_2(3) \approx 1.585$ бит на электрон. Для 10^{10} электронов: $S_\Theta \approx 10^{40}$ бит/с — порог для АУ-интерфейса.

4. Связь с Acta Universi

В AU FQHE — 2D-проекция нелокальных AU-корреляций: fractional charge — ∇S_Θ в flat space, anyons — "энтропийные эхо" для TQC/AU-чипов. FQANE без B — аналог AU-прыжков без энергии. Для AU-чипов: FQH-states в graphene moiré — для $S_\Theta > 10^{50}$ бит/с (порог для 1000 св. лет).

5. Заключение

FQHE — фундаментальная фаза с anyons, advances в FQANE 2025 открывают TQC. В Acta Universi — ключ к энтропийным корреляциям для космоинженерии.