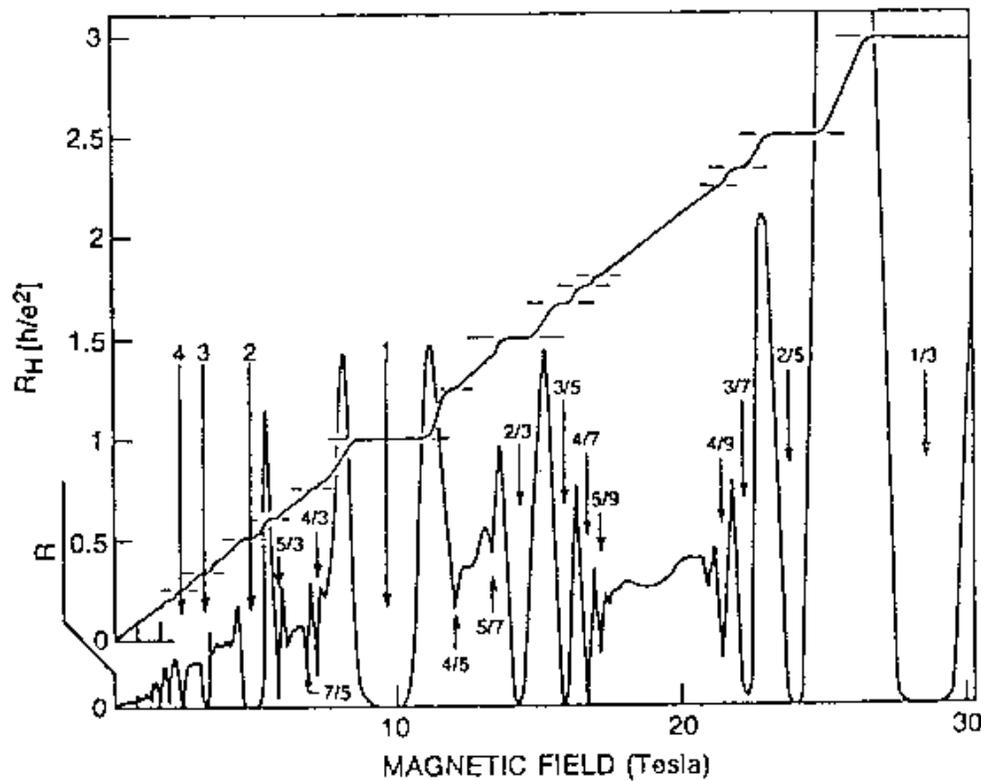


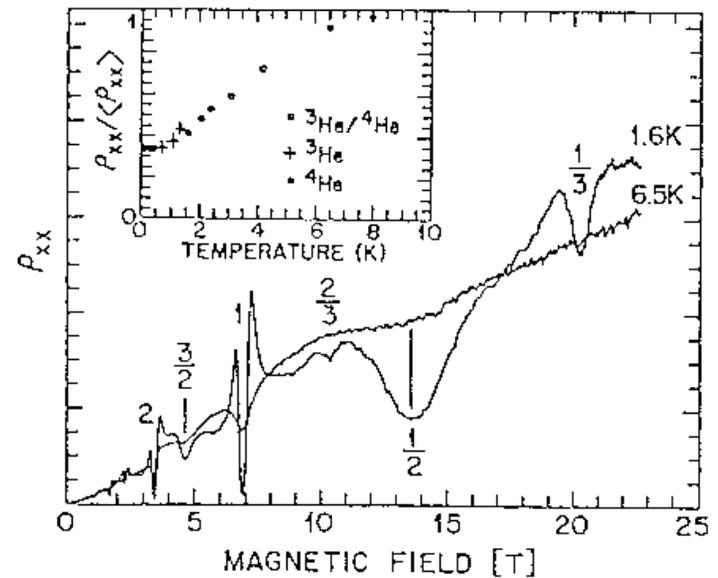
# Дробный квантовый эффект Холла. Часть II

1. Состояния половинного заполнения уровней Ландау.
2. Композитные фермионы.
3. Масса композитных фермионов.
4. Баллистика композитных фермионов.

# Недостаток модели Лафлина



Иерархичность дробных состояний не объясняет минимума при половинном заполнении уровней Ландау.



# АНИОНЫ

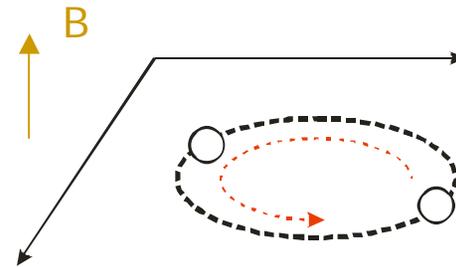
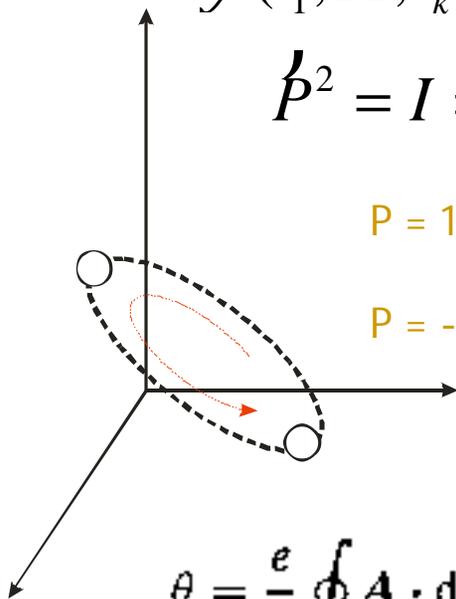
$$y(r_1, \mathbf{K}, r_k, \mathbf{K}, r_l, \mathbf{K}, r_N) = \hat{P}_{lk} y(r_1, \mathbf{K}, r_l, \mathbf{K}, r_k, \mathbf{K}, r_N)$$

$$\hat{P}^2 = I \Rightarrow P = \pm 1$$

$$\hat{P}^2 = I \Rightarrow P = e^{iq} \text{ - АНИОНЫ}$$

$P = 1$  - бозоны

$P = -1$  - фермионы



$$\theta = \frac{e}{\hbar} \oint \mathcal{A} \cdot d\mathbf{l}$$

$$\mathcal{A} = \xi \frac{\hat{z} \times \mathbf{r}}{r^2}$$

$$\Phi = \oint \mathcal{A} \cdot d\mathbf{l} = 2\pi\xi \quad \xi = n\Phi_0/2\pi$$

$$\mathcal{A}_j = \xi \sum_{i \neq j} \frac{\hat{z} \times (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j)}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|^2} \text{ - калибровка Шерна-Симонса}$$

$$\Psi' = \prod_{j < k} \left( \frac{z_j - z_k}{|z_j - z_k|} \right)^\eta \Psi \quad \eta = e\xi/\hbar$$

# Композитные фермионы

Волновая функция Лафлина может быть представлена в виде:

$$\Psi_m = \prod_{j < k} (z_j - z_k)^{m-1} \Psi_1, \quad \Psi_1 = \prod_{j < k} (z_j - z_k) \exp \left[ -\frac{1}{4\ell^2} \sum_i |z_i|^2 \right]$$

Таким образом, все состояния Лафлина можно построить из состояния  $m = 1$ , добавлением  $m-1$  квантов потока к каждому электрону. Так например, чтобы получить несжимаемое состояние при  $\nu = 1/3$ , необходимо присоединить два кванта потока.

Электрон + 2 кванта потока = композитный фермион

Добавление квантов потока приводит к тому, что эффективное поле для композитных фермионов заметно меньше, чем для электронов. В 1989 году Джейн предложил рассматривать дробные состояния как реализацию квантового эффекта Холла для композитных фермионов в эффективном поле.

# Квантовый Холл композитных фермионов

$$K = \frac{1}{2m_b} \int d^2r \psi^\dagger(\vec{r}) [-i\bar{\nabla} + \bar{A}(\vec{r}) - \bar{a}(\vec{r})]^2 \psi(r)$$

$$\bar{a}(\vec{r}) \equiv \tilde{\phi} \int d^2r' \bar{g}(\vec{r} - \vec{r}') \rho(\vec{r}') \quad \bar{g}(\vec{s}) \equiv \frac{\hat{z} \times \vec{s}}{s^2} \quad \rho(\vec{r}) = \psi^\dagger(\vec{r})\psi(\vec{r}) = \psi_e^\dagger(\vec{r})\psi_e(\vec{r})$$

$$b(\vec{r}) = \bar{\nabla} \times \bar{a}(\vec{r}) \quad b(\vec{r}) = 2\pi\tilde{\phi}\rho(\vec{r})$$

Приближение среднего поля:  $\bar{b} = 2\pi\tilde{\phi}n_e$

Эффективное поле композитных фермионов:  $B^* = B - 2\pi\tilde{\phi}n_e$

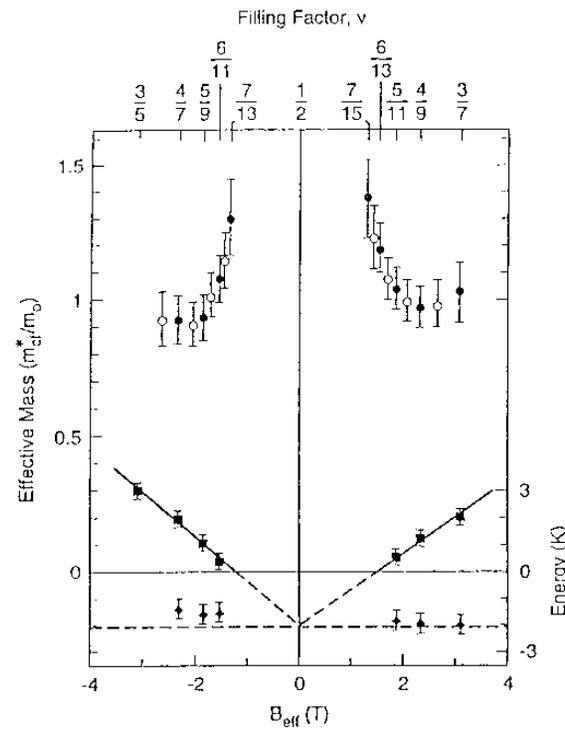
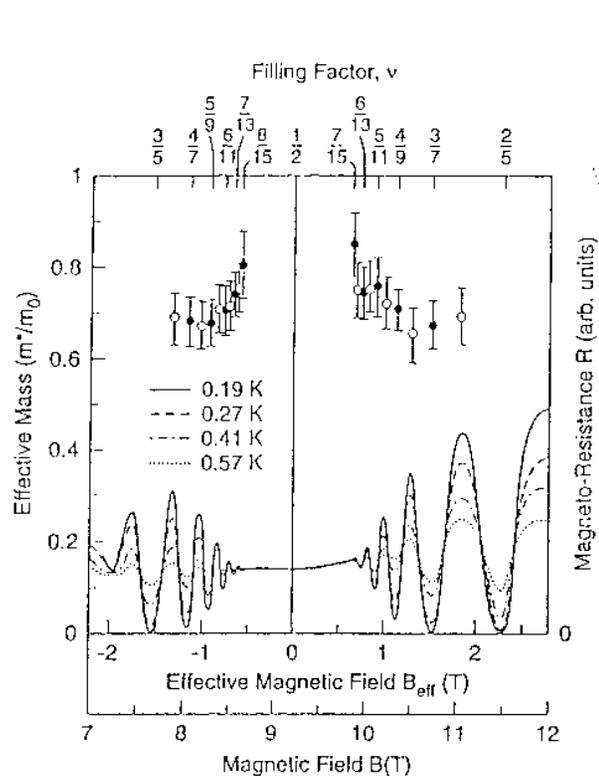
$$p \equiv \frac{2\pi n_e}{B^*} \quad v \equiv 2\pi n_e / B \quad v = \frac{p}{\tilde{\phi}p + 1}$$

Данное выражение описывает большинство наблюдаемых дробных состояний и совпадает с выражением для иерархических состояний. Но в отличие от иерархии модель композитных фермионов не требует дальнейшего дробления заряда, а значит допускает близкую температурную зависимость для дробных состояний.

# Ферми жидкость при $\nu = N/2$

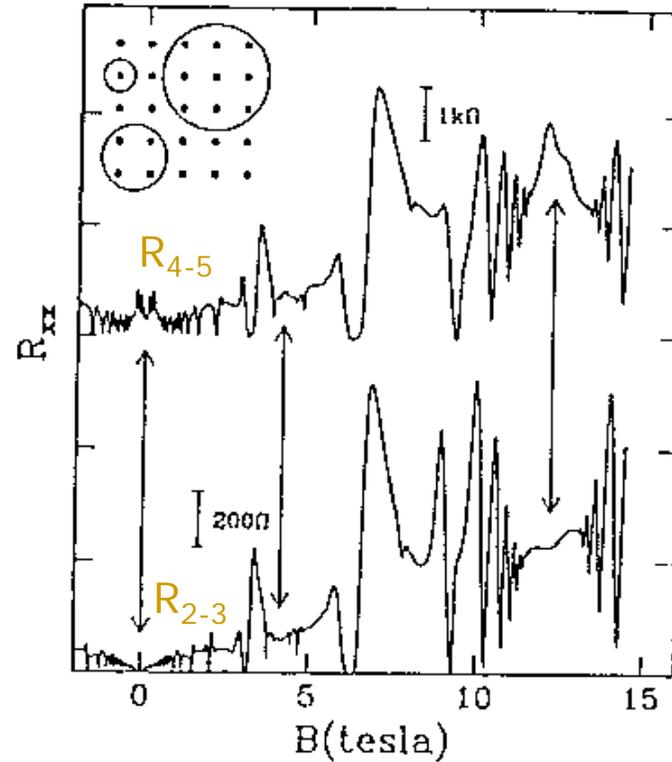
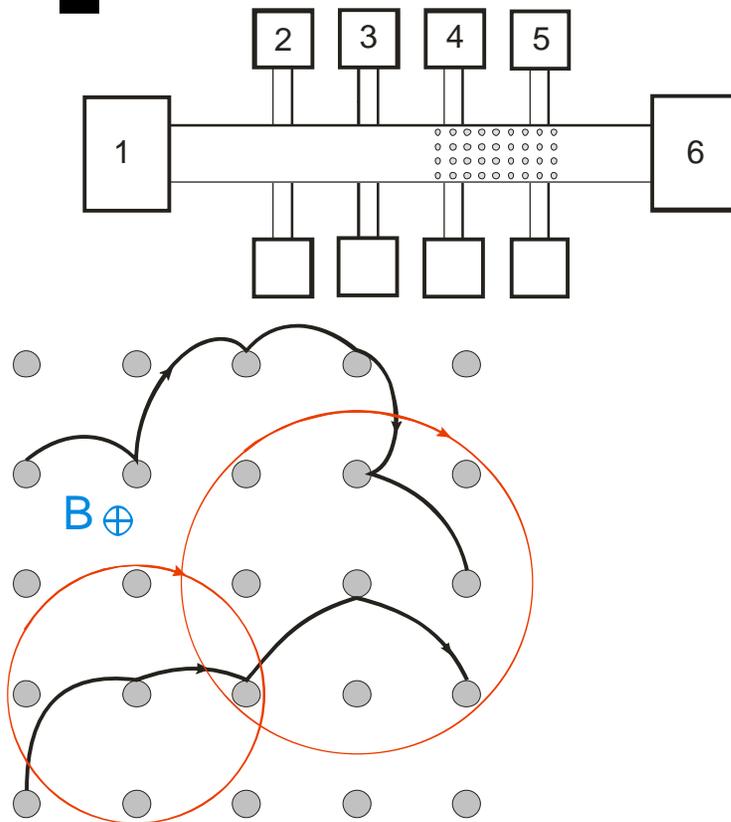
$$B^* = B - 2\pi\tilde{f}n_e \quad 2pn_e = nB \Rightarrow B^* = B(1 - \tilde{f}n)$$

Для композитных фермионов при  $\nu = \frac{1}{2}$ ,  $B^* = 0$ .



$$E_{CF} = \frac{\hbar e B^*}{m_{CF}}$$

# Эффект соразмерности



при  $B = 0$ .

при  $\nu = \frac{1}{2}$ ,  $B^* = 0$ .

$$R_c = nd \Rightarrow B_n^* = \frac{p_F}{ned}$$

$$p_F = \hbar \sqrt{2pn_e}$$

$$p_{CF} = \hbar \sqrt{4pn_e}$$

# Эффект фокусировки

