



فرمیون در پس زمینه لیفشیتز

م. علیشاهیها، ع. ملاباشی، م. ر. محمدی مظفر

پژوهشکده فیزیک
پژوهشگاه دانش های بنیادی

نوزدهمین کنفرانس بهاره فیزیک

اردیبهشت ۹۱



فرمیون در پس
زمینه لیفشیتز

م. علیشاهیها، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانس

دوگانی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی

■ انگیزش

■ معرفی تقارن لیفشیتز

■ تقارن لیفشیتز در گرانس

■ فرمیون در فضا زمان خمیده

■ تابع طیف و نوار تخت انرژی

■ جمع بندی



فرمیون در پس
زمینه لیفتیتر

م. علیشاهی، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانس

دوگانگی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی

ویژگی های جالب توجه نظریه میدان با تقارن لیفتیتر

■ افزایش تعداد اندرکنش های بازبهنجارش پذیر

■ آزادی مجانبی بدون میدان پیمانه ای غیرآبلی

$$\beta(g) < 0$$

■ تولید جرم دینامیک برای فرمیون

مکانیزم هیگز، نوترینوی جرم دار

■ تعمیم رابطه پاشندگی

نوترینوی فرانور!

$$V_G V_p > 1$$



فرمیون در پس
زمینه لیفشیتز
م. علیشاهی، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

■ تقارن مقیاس نسبیته

$$t \rightarrow \lambda t, \quad \vec{x} \rightarrow \lambda \vec{x}$$

■ تقارن مقیاس لیفشیتز

$$t \rightarrow \lambda^z t, \quad \vec{x} \rightarrow \lambda \vec{x}$$

z: نمای بحرانی دینامیک

■ بعد جرمی

$$[t] = -z, \quad [x] = -1$$

On the theory of second-order phase transitions I & II, E. M. Lifshitz (1941)

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانس

دوگانگی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی



فرمیون در پس
زمینه لیفشیتر

م. علیشاهی، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانج

دوگانگی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی

■ مولد های گروه لیفشیتر

$$J_{ij} = -i(x^i \partial_j - x^j \partial_i),$$

$$P_i = -i \partial_i,$$

$$H = -i \partial_t,$$

$$D = -i(zt \partial_t + x^i \partial_i + r \partial_r)$$

■ جبر لیفشیتر

روابط جابه جایی استاندارد برای $\{J_{ij}, P_i, H\}$ به همراه

$$[D, J_{ij}] = 0, \quad [D, P_i] = iP_i, \quad [D, H] = izH.$$



فرمیون در پس
زمینه لیفشیتز

م. علیشاهی، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانش

دوگانی

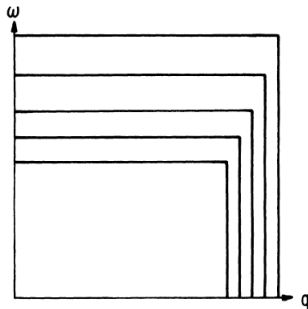
فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی



شکل : رهیافت ناهمسانگرد به گروه بازبهنجارش

J. A. Hertz, Quantum critical phenomena, Phys. Rev. B 14, 1165 (1976).



تقارن لیفشیتز در گرانش

متریک لیفشیتز

$$ds^2 = -r^{2z} dt^2 + r^2 dx_i^2 + \frac{dr^2}{r^2}$$

فرمیون در پس
زمینه لیفشیتز

م. علیشاهی، ع.
ملاطاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانش

دوگانگی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی

۱ کنش میدان برداری جرم دار

$$S = \frac{1}{16\pi G^{(d+1)}} \int d^{d+1}x \sqrt{-g} \left[\mathcal{R} + \Lambda - \frac{1}{4} (F_{\mu\nu})^2 - \frac{1}{4} m^2 (A_\mu)^2 \right]$$

$A_t \sim r^z$ بی نهایت روی مرز!

۲ کنش تعمیم یافته گرانشی

$$S = \frac{1}{2\kappa} \int d^{d+1}x \sqrt{-g} (\mathcal{R} + \Lambda + \beta \mathcal{R}^2)$$



فرمیون در پس
زمینه لیفشیتز

م. علیشاهی، ع.
م. ملاباشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانس

دوگانگی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

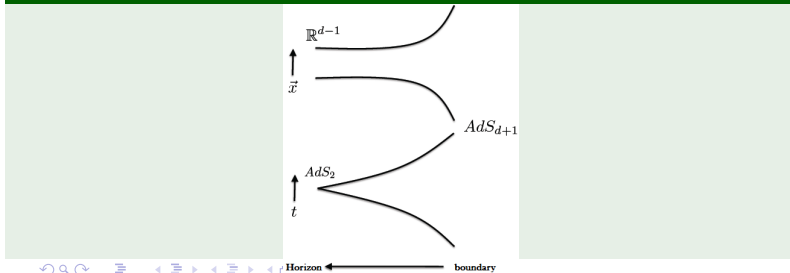
ترازهای لانداو

جمع بندی

$$ds^2 = -r^{2z} f dr^2 + \frac{dr^2}{r^2 f} + r^2 d\vec{x}^2, \quad f = 1 - \frac{2}{r^{z+2}} + \frac{1}{r^2(z+1)}$$

■ وجود تقارن مقیاس در حد انرژی های پایین

مثال: متریک باردار پاددوسیه





بیان دوگانی

$$Z_{\text{CFT}} = Z_{\text{QG}} \sim e^{-S_{\text{grav}}} \Big|_{\text{on-shell}}$$

تقریب در حد تعداد درجات آزادی زیاد و جفت شدگی قوی

توابع n نقطه ای

$$\langle OOO\dots \rangle_{\text{CFT}} \sim \frac{\delta^n Z_{\text{grav}}}{\delta J^n}$$

فرمیون در پس
زمینه لیفتیتر

م. علیشاهی، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانش

دوگانی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی



■ کنش فرمیون در ۴ بعد

$$S_{\text{bulk}} = \int d^4x \sqrt{-g} i \bar{\Psi} (\not{D} - m) \Psi$$

■ مختصه های مزدوج

$$\Psi^T = (\psi_+, \psi_-) \Rightarrow \Pi_+ \sim \bar{\psi}_-, \quad \Pi_- \sim \bar{\psi}_+$$

$$\delta\psi_+ = 0 \quad ? \quad \delta\psi_- = 0$$

■ شرط مرزی استاندارد (متغیر)

$$S_{\text{bdy}} = \pm \frac{i}{2} \int_{\partial M} d^3x \sqrt{-h} \bar{\Psi} \Psi$$

■ شرط مرزی مخلوط

$$S_{\text{bdy}} = \pm \frac{1}{2} \int_{\partial M} d^3x \sqrt{-h} \bar{\Psi} \Gamma^1 \Gamma^2 \Psi$$

فرمیون در پس
زمینه لیفتیتر

م. علیشاهیا، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانش

دوگانگی

فرمیون

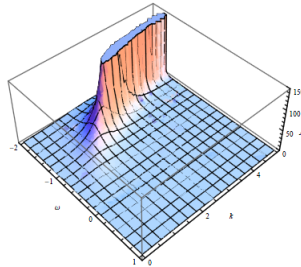
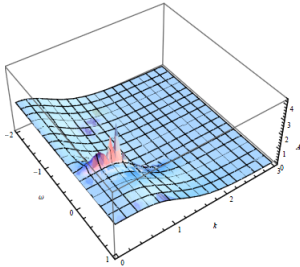
معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی

■ تابع طیف به ازای $z = 2$ و $T = 0$



شکل : تابع طیف بر حسب فرکانس و تکانه. چاپ استاندارد، راست مخلوط

■ ظهور نوار تخت انرژی



نوار تخت انرژی

رابطه پاشندگی بدون پاشندگی و واگنی بی نهایت

ترازهای لانداو

الکترون در میدان مغناطیسی $\vec{A} = B x \hat{y}$

طیف نوسانگر هماهنگ

$$[\mathcal{H}, P_y] = 0 \quad \Rightarrow \quad E_n = \omega \left(n + \frac{1}{2} \right)$$

ترازهای انرژی به k_y بستگی ندارند.

واگنی به ازای هر مقدار n .

فرمیون در پس
زمینه لیفشیتز

م. علیشاهی، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانس

دوگانگی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی



- مطالعه فرمیون ها در فضاهاى مرزدار مستلزم در نظر گرفتن شرط مرزى سازگار است.
- شرط مرزى مخلوط در فضای مجانبی پاددوسیته منجر به ظهور نوار تخت انرژی خواهد شد.
- شرط مرزى مخلوط در فضای مجانبی لیفشیتز نیز منجر به ظهور نوار تخت انرژی خواهد شد.

نتیجه

نوار تخت انرژی ناشی از شرط مرزى غیرنسبیتی است.

فرمیون در پس
زمینه لیفشیتز

م. علیشاهی، ع.
ملاپاشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانش

دوگانگی

فرمیون

ماده دیراک و شرط مرزى

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی



فرمیون در پس
زمینه لیفتیتر

م. علیشاهیها، ع.
ملاباشی، م. ر.
محمدی مظفر

فهرست

انگیزش

معرفی

جواب گرانس

دوگانی

فرمیون

معادله دیراک و شرط مرزی

تابع طیف

ترازهای لانداو

جمع بندی

■ همکارانم: محسن علیشاهیها و علی ملاباشی

■ گروه AdS/QCD پژوهشکده ذرات و شتابگرها