

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Conductance in diffusive quasi-one-dimensional periodic waveguides: a semiclassical and random matrix study

Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias, Mención Física
Por:

Jaime Miguel Zuñiga Vukusich

Profesor Guía: Felipe Barra De La Guarda

Santiago de Chile - Noviembre 2011

No autorizada por el autor para ser publicada a texto completo en Cybertesis.

Miembros de la Comisión: Fernando Lund Plantat, Álvaro Núñez Vásquez, Vincent Pagnuex y Juan Carlos Retamal Abarzúa

Resumen . .	4
No disponible a texto completo . .	6

Resumen

En este estudio estudiamos propiedades de transporte cuántico en guías de onda finitas periódicas quasi-unidimensionales, cuya dinámica clásica asociada es difusiva. Nos enfocamos en el límite semiclásico el cual nos permite emplear un modelo de Teoría de Matrices Aleatorias (TMA) para describir el sistema. El requisito de difusión normal de la dinámica clásica restringe la configuración de la celda unitaria a tener horizonte finito, y significa que los ensembles apropiados de TMA son los ensembles circulares de Dyson. El sistema que consideramos corresponde a una configuración de scattering, compuesto de una cadena finita de L celdas unitarias (clásicamente caóticas y con horizonte finito) la cual está conectada a dos guías planas semi-infinitas en sus extremos. Las partículas dentro de esta cavidad son libres y solo interactúan con los bordes a través de choques elásticos; esto significa que las ondas se describen por una ecuación de Helmholtz con condiciones de borde tipo Dirichlet en las paredes de la guía. Por lo tanto, no hay desorden en el sistema y el scattering es debido a la geometría de la cadena la cual es estática. El análogo al ensemble de desorden es un ensemble de energía, definidos sobre un intervalo clásicamente pequeño pero cuyo ancho es varias veces un espaciado de niveles promedio (mean level spacing). El número de canales propagativos en las guías planas es N y el límite semiclásico se alcanza cuando $N \rightarrow \infty$. Un número importante para las propiedades de transporte en cadenas periódicas es el número de modos de Bloch N_B del sistema extendido infinito asociado. Previamente, ha sido conjeturado que en sistemas fuertemente difusivos en el límite semiclásico $\langle N_B \rangle \propto \sqrt{ND}$. Hemos comprobado numéricamente este resultado en una guía de ondas conformada como seno obteniendo excelente concordancia. Luego, mediante la aproximación de Machta-Zwanzig para $\langle N_B \rangle \propto N / \pi$, la cual concuerda perfectamente con los ensembles circulares. Por otro lado, hemos estudiado la conductancia (adimensional) de Landauer como función de L y N en la guía como y mediante nuestro modelo RMT para cadenas periódicas. Hemos encontrado que $\langle g(L) \rangle$ muestra dos regímenes. Primero, para cadenas de largo $L \ll N$ la dinámica es difusiva tal como en un cable desordenado en el régimen metálico, donde se observa el escalamiento ohmicotípico con $\langle g(L) \rangle = N/(L+1)$. En este régimen, la distribución de conductancias es Gaussiana con una varianza pequeña (tal que $\langle 1/g \rangle \approx 1/\langle g \rangle$) pero que crece linealmente con L . Luego, para sistemas más largos con $L \gg N$, su naturaleza periódica se hace relevante y la conductancia alcanza un valor asintótico constante $\langle g(L \rightarrow \infty) \rangle \propto N_B$. En este caso, la distribución de la conductancia pierde su forma Gaussiana convirtiéndose en una distribución multimodal debido a los valores discretos (enteros) que N_B puede tomar. La varianza alcanza un valor constante $\propto \sqrt{N}$ cuando $L \rightarrow \infty$. Comparando la conductancia para los ensembles circulares unitario y ortogonal, mostramos que un efecto de localización débil está presente en ambos regímenes. Finalmente, estudiamos la parte no propagativa de la conductancia en el régimen Bloch-balístico, la cual está dominada por el modo con la longitud de decaimiento mayor ℓ que va a cero como $g_{np} = 4 e^{-2L/\ell}$ cuando $L \rightarrow \infty$. Usando nuestro modelo de TMA obtuvimos que bajo un

escalamiento apropiado la pdf $P(\ell)$ converge, cuando $N \rightarrow \infty$, a una distribución límite con cola algebraica $P(\ell) \propto \ell^{-3}$ para $\ell \rightarrow \infty$; esto nos permitió conjeturar el decaimiento $\langle g_{np} \rangle \propto L^{-2}$, el cual fue observado en nuestra guía de ondas coseno.

No disponible a texto completo

No autorizada por el autor para ser publicada a texto completo en Cybertesis.