

Physique Mésoscopique

Cours

Sigle :	PHY 724
Crédits :	3
Préalables :	Physique du solide, mécanique quantique
Place au programme :	Au choix

Professeur

Nom :	Ion Garate
Bureau :	D2-1070
Courriel :	ion.garate@usherbrooke.ca
Tél. :	821-8000 (poste 66486)

1 Mise en contexte du cours

La physique mésoscopique porte sur les systèmes de l'état solide ayant une taille intermédiaire entre microscopique et macroscopique. À ces échelles, les modèles de transport classique ne tiennent plus et il devient alors essentiel de tenir compte de la cohérence de phase électronique, de la quantification de l'énergie et de l'impact que la charge d'un seul électron peut avoir. Ces propriétés nouvelles sont étudiées dans des systèmes basés sur les semiconducteurs et les supraconducteurs réalisés à l'aide de techniques de microfabrication.

2 Objectifs

Maîtriser les concepts nécessaires à la compréhension des mécanismes de transport électronique dans les systèmes mésoscopiques. Maîtriser les concepts reliés à la cohérence dans les systèmes mésoscopiques.

3 Plan de la matière

0.- Concepts et outils de base

- (a) Modèle semi-classique de la conductivité.
- (b) Grandeurs importantes en physique mésoscopique.
- (c) Cohérence de phase et déphasage.
- (d) Gaz d'électrons bidimensionnel.
- (e) Matrice densité et enchevêtrement.
- (f) Règle d'or de Fermi.
- (g) Fonctions de corrélation et spectres.

1.- Transport mésoscopique I : formalisme de Landauer et Büttiker

- (a) Quantification de la conductance à travers des points de contact quantiques.
- (b) Formule de Landauer.
- (c) Matrice de diffusion.
- (d) Formule de Landauer-Büttiker.
- (e) Fluctuations du courant. Bruit de Johnson-Nyquist. Bruit de grenaille.

2.- Transport mésoscopique II : phénomènes d'interférence quantique

- (a) L'effet tunnel résonant à travers deux barrières.
- (b) L'effet Aharonov-Bohm.

(c) Localisation faible.

3.- Transport mésoscopique III : phénomènes topologiques

- (a) Phase et courbure de Berry. Nombre de Chern.
- (b) Effet Aharonov-Bohm revisité.
- (c) Pompe de charge de Thouless.
- (d) Effet Hall quantique.

4.- Transport mésoscopique IV : phénomènes d'interaction

- (a) Blocage de Coulomb.
- (b) Boîtes à un électron, transistors à un électron.
- (c) Modèle orthodoxe du transport.
- (d) Blocage de Coulomb dynamique.

5.- Circuits électriques supraconducteurs

- (a) Réflexion d'Andreev.
- (b) Effet Josephson.
- (c) Modélisation hamiltonienne des circuits électriques.
- (d) Effet de l'environnement électromagnétique (modèle de Caldeira-Leggett).

6.- Qubits mésoscopiques

- (a) Points quantiques et qubits de spin
- (b) Qubits supraconducteurs
- (c) Électrodynamique quantique en circuit

4 Méthode pédagogique

1. Exposés magistraux et questions par les étudiants. Ces exposés auront lieu les **lundis, mercredis et vendredis de 8h30 à 10h30**, au **D3-2032**.
2. Devoirs (4 en total), qui peuvent être réalisés en équipes de deux.
3. Travail écrit individuel, sur un sujet de votre choix en lien avec la physique mésoscopique.
4. Présentation orale portant sur le travail écrit.

5 Évaluation

- Participation : 10 %
- Devoirs : 40%
- Travail écrit : 30%
- Présentation orale : 20%

6 Bibliographie

1. T. Heinzel, *Mesoscopic electronics in solid state nanostructures*, Wiley-Vch (2007).
2. Y. V. Nazarov et Y. M. Blanter, *Quantum transport*, Cambridge University Press, (2009).
3. S. Datta, *Electron transport in mesoscopic systems*, Cambridge University Press (1997).
4. D. K. Ferry, S. M. Goodnick et J. Bird, *Transport in nanostructures*, Cambridge University Press (2009).
5. T. Ihn, *Semiconductor Nanostructures : Quantum states and electronic transport*, Oxford University Press (2009).
6. H. Grabert et M.H. Devoret (eds.), *Single Charge Tunneling : Coulomb Blockade Phenomena in Nanostructures*, Springer (2002).
7. Y. Imry, *Introduction to mesoscopic physics*, 2nd ed., Oxford University Press (2002).
8. H. Bruus et K. Flensberg, *Many-body quantum theory in condensed matter physics*, Oxford University Press (2004).