

Spécialité : PHYSIQUE / Physique de la matière condensée

[Laboratoire : /SPEC/GMT](#)

Magnéto-transport quantique dans des nanofils d'isolants topologiques à géométrie façonnée

Responsable de stage : GORINI Cosimo

cosimo.gorini@cea.fr

Tel : +33 1 69 08 72 36

Stage pouvant se prolonger en thèse : Oui

Durée du stage : 6 mois

Résumé:

Comment le transport quantique des électrons de Dirac à la surface d'un isolant topologique est-il modifié par le couplage direct avec la courbure nanoscopique des échantillons ? (aussi dénommé effet de "champs gravitationnels effectifs").

Sujet :

La physique mésoscopique étudie des systèmes composés de milliards de composantes, et néanmoins se portant comme des entités quantiques uniques. Les nanofils d'isolants topologiques 3D en sont un exemple. Ces derniers abritent sur leur surface des états électroniques à la Dirac, qui à faible température se propagent sous forme d'ondes quantiques cohérentes sur des échelles de plusieurs microns. Leur propriétés de transport sont donc régies par des phénomènes d'interférence quantique. Ces phénomènes sont déterminés et modulés par des champs magnétiques externes ou bien par leur courbure de Berry, comme démontré récemment dans une collaboration avec des expérimentateurs [Ziegler et al., Phys. Rev. B 97, 035157 (2018)].

Peu après nous avons également montré que la géométrie d'un nanofil peut dramatiquement changer ses propriétés de transport en présence des champs magnétiques [Kozlovsky et al. Phys. Rev. Lett. 124, 126804 (2020); Graf et al., Phys. Rev. B 102, 165105 (2020)]. Un point crucial est que dans des nanofils façonnés les électrons de Dirac se propagent sur une surface courbe, et peuvent donc ressentir des champs gravitationnels effectifs. Ces derniers se manifestent sur des échelles comparables aux échelles quantiques de référence du système, comme dans des trous noirs ? sauf qu'un nanofil est réalisable dans un labo, un trou noir pas tout à fait.

Parmi les nombreuses questions ouvertes dans ce domaine en plein croissance, deux en particulier sont centrales pour ce stage: (i) comment les états de surface sont-ils modifiés par la courbure? (ii) Est-il possible d'identifier une signature dans le transport due uniquement aux effets gravitationnels effectifs? Pour y répondre des méthodes analytiques ainsi que numériques (simulations sur réseau) seront utilisées.

Quantum magnetotransport in shaped topological insulator

nanowires

Abstract:

How is quantum transport of Dirac electrons on the surface of a topological insulator modified by the direct coupling with the nanoscopic curvature of the samples (also called "effective gravitational fields" effect).

Subject :

Mesoscopic physics is the realm of micron-size objects composed of trillions of constituents, yet behaving as single quantum entities. An example thereof are 3D topological insulator nanowires, whose insulating bulk is enclosed by highly conducting Dirac-like surface states. At low temperatures electrons cross the wires as quantum waves of (pseudo)relativistic nature. Their magnetotransport properties are thus ruled by interference. The latter is determined/modulated by external magnetic fields and by the Berry curvature of the system, as demonstrated in a recent collaboration with experimentalists [Ziegler et al., Phys. Rev. B 97, 035157 (2018)].

Soon afterwards we also showed that the geometrical shape of a nanowire can have dramatic consequences on its magnetotransport properties [Kozlovsky et al. Phys. Rev. Lett. 124, 126804 (2020); Graf et al., Phys. Rev. B 102, 165105 (2020)]. Crucially, in shaped nanowires Dirac-like electrons propagate in curved space and may thus feel effective gravitational effects. Such emerging gravity takes place on scales which are comparable to the characteristic quantum scales of the system, much as in black holes ? nanowires can however be built in labs with current technology, black holes not quite.

Among the numerous open questions in this rapidly growing field, two are most relevant for this master internship: (i) How are surface states modified in curved space? (ii) Can a quantum transport signature of effective gravitational nature be singled out in a realistic setup? To answer these both analytical and numerical methods (tight-binding simulations) will be employed.
