

## Esami del corso GTSE 2020/21

La scelta deve essere concordata (o sorteggiata) tra gli studenti e non “on a first-come-first-served basis”. Nel caso degli esercizi computazionali forse, dopo la scelta, qualche chiarimento a voce (o via Skype) è auspicabile.

### 1 Seminari

Come discusso a lezione, l'esame consiste in una presentazione di 20-25 minuti (senza contare il tempo delle domande), con slides ben fatte in inglese. Il tema di ogni presentazione è un lavoro che io giudico importante. In generale non si tratta di presentare l'intero lavoro, ma invece di estrarre il messaggio e i risultati più significativi. È essenziale che lo studente abbia familiarità con gli argomenti del corso che hanno attinenza anche indiretta con il lavoro scelto. Ho scelto solo lavori di cui non sono coautore.

Data della presentazione (in presenza o in remoto) da concordarsi via mail.

### References

- [1] M. Stengel, N.A. Spaldin, and D. Vanderbilt, "Electric displacement as the fundamental variable in electronic-structure calculations," *Nature Physics* **5**, 304 (2009).
- [2] A. Malashevich, I. Souza, S. Coh, and D. Vanderbilt, "Theory of orbital magnetoelectric response", *New J. Phys.* **12**, 053032 (2010).
- [3] X. Gonze and J. W. Zwanziger, "Density-operator theory of orbital magnetic susceptibility in periodic insulators", *Phys. Rev. B* **84**, 064445 (2011).
- [4] L. Jiang, S. V. Levchenko, and A. M. Rappe, "Rigorous Definition of Oxidation States of Ions in Solids" *Phys. Rev. Lett.* **108**, 166403 (2012).
- [5] F. D. M. Haldane, "Berry Curvature on the Fermi Surface: Anomalous Hall Effect as a Topological Fermi-Liquid Property", *Phys. Rev. Lett.* **93**, 206602 (2004).
- [6] F. Grasselli and S. Baroni, "Topological quantization and gauge invariance of charge transport in liquid insulators", *Nature Mat.* **15**, 967 (2019).
- [7] S. Ren, I. Souza, and D. Vanderbilt, "Quadrupole moments, edge polarizations, and corner charges in the Wannier representation", *Phys. Rev. B* **103**, 035147 (2021)

## 2 Problemi analitici

Si chiede di presentare una soluzione scritta in bella forma (meglio in inglese). e.g. in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. Seguirà una discussione in remoto.

### 2.1 LLL (lowest Landau level)

Come visto a lezione (7.5.7 nelle Lecture Notes) il proiettore sul LLL (lowest Landau level) si scrive in una gauge generica come:

$$\langle \mathbf{r} | \mathcal{P} | \mathbf{r}' \rangle = \frac{1}{2\pi\ell^2} e^{-\frac{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|^2}{4\ell^2}} e^{-i\phi(\mathbf{r},\mathbf{r}')},$$

dove  $\ell$  è la lunghezza magnetica.

1. Il fattore di fase  $\phi_c(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$  nella gauge centrale è riportato nelle Note. Fare una trasformazione di gauge e trovare il fattore di fase  $\phi_L(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$  nella gauge di Landau  $A_x = 0, A_y = Bx$ .
2. Trovare l'espressione del proiettore partendo direttamente dagli orbitali nella gauge di Landau e confrontare con la risposta alla domanda precedente.
3. Considerare un singolo orbitale del LLL nella gauge di Landau. L'espressione per la corrente è stata trovata nel corso (Esercitazione). Usando questa corrente calcolare il momento magnetico  $m$  di un orbitale di Landau.
4. Alla domanda precedente si poteva rispondere senza fare nessun conto, usando la relazione generale  $m = -d\epsilon(B)/dB$ . Confrontare i due risultati.  
Osservazione: ne consegue che il momento magnetico di un singolo orbitale del LLL non dipende nè dalla gauge nè dall'orbitale.

## 3 Simulazioni

Gli esercizi richiedono simulazioni mediante una semplice Hamiltoniana LCAO (a.k.a. tight-binding) alla Hückel; le simulazioni possono essere OBC oppure PBC. I risultati devono essere presentati in una relazione di 10-20 pagine con grafici e tabelle (meglio in inglese). Seguirà una discussione in remoto.

Ancora da scrivere