

# Skriveguide: Topologiske isolatorer, SSH-modellen.

Kristian Knakkegaard Nielsen

17. oktober 2018

Målet med dette dokument er at give et forslag til, hvordan en rapport i projektet omkring topologiske isolatorer kan opbygges. Lignings- og figurreferencer refererer til SSH\_opgaver.pdf.

## 1 Introduktion/Indledning

Skal indeholde:

- Motivér hvorfor vi kigger SSH-modellen.
  - Introducér krystalstruktur med udgangspunkt i SSH-modellen. Brug figur 2.
  - Forklar kort de to analysemetoder: 1) analyse af ‘det indre’ af materialet (bulk), og 2) analyse af kanten.
- Længde: 3/4 - 1 side.

## 2 Egentilstande og energibånd

Skal indeholde:

- Introducér Hamiltonoperatoren i stedrum. Forklar kort Dirac-notationen og fysikken bag leddene.
- Forklar kort transformationen til impulsrum (Fourier-transformationen), herunder hvad  $k$  er.
- Opskriv Hamiltonoperatoren i impulsrum i matrixform (ligning (25)).
- Definér og opskriv  $\mathcal{H}_k$  som  $2 \times 2$  matrix. Omskriv i det samme  $\mathcal{H}_k$  vha. Paulimatricer og vektoren  $\mathbf{h}_k$ .
- Definér fasen  $\phi_k$ , og lav en tegning af denne ala figur 3.
- Opskriv egentilstandene i ligning (16). Forklar kort, at  $H|\psi_{\pm,k}\rangle = \pm|\mathbf{h}_k||\psi_{\pm,k}\rangle$ .
- Plot energibåndene  $E_{\pm,k} = \pm|\mathbf{h}_k|$  og forklar hvorledes disse fyldes efterhånden som man putter partikler ind i systemet. Understreg generalitet for faste stoffer.
- Indtegn båndgabet,  $\Delta E$ , på plottet af energibåndene.
- Forklar, at båndgabet lukker, når  $\delta t = 0$ . Lav eventuelt en skitse heraf.
- Beskriv herudfra, hvad man forstår ved en topologisk faseovergang.

Kan indeholde:

- Beskrivelse af Blochs sætning i relation til ligning (18) umiddelbart efter, at egentilstandene er opskrevet.

Længde: 2 sider.

### 3 Symmetri og topologi

Skal indeholde:

- Introducér symmetrien,  $S$ .
- Opskriv på matrixform, ligning (25). Vis, at  $SH = -HS$ . Relatér dette til energierne og de fundne egentilstande. Henvis gerne til plottet af energibåndene her!
- Beskriv, hvilken restriktion det sætter på  $\mathcal{H}_k$ , hvis vi *kræver*, at systemet overholder symmetrien  $S$ .
- Definér nu omdrejningstallet,  $\mathcal{W}$ . Forklar hvornår denne er en topologisk invariant. Henvis meget gerne til figuren, hvor I definerer fasen  $\phi_k$ .
- Beregn omdrejningstallet som funktion af  $\delta t$  og bemærk at den skifter diskontinuert i  $\delta t = 0$ . Relatér til båndgabet.

Længde: 1 1/2 sider.

### 4 Kanttilstanden

Skal indeholde:

- Opskriv og forklar ligning (26), Hamiltonoperatoren for den åbne kæde.
- Bestem kanttilstanden for  $\delta t > 0$ . Understreg, at man ikke kan finde en for  $\delta t < 0$ .
- Skitsér tilstanden og forklar hvad der sker i grænserne  $\delta t \rightarrow 0$  og  $\delta t \rightarrow t$ .
- Relatér til omdrejningstallet,  $\mathcal{W}$ .

Længde: 1 side.

### 5 Konklusion

Skal indeholde:

- En kort opridsning af, hvad vi har vist.
- Beskriv, at man ikke kan vide om man er i topologisk fase ud fra energibåndene.
- Beskriv, at man i stedet er nødt til at kigge på egentilstandene, og specifikt den topologiske invariant.

Længde: højst 1/2 side.