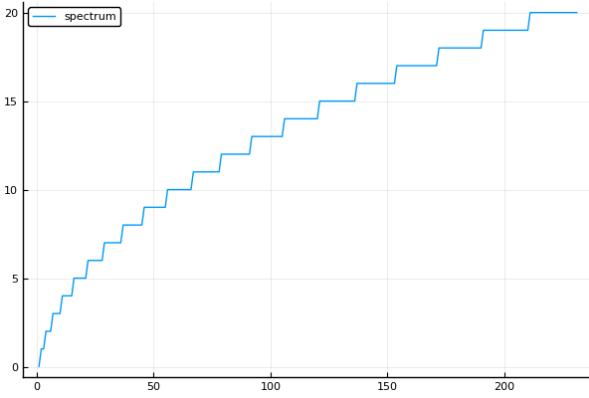


# Poznámky

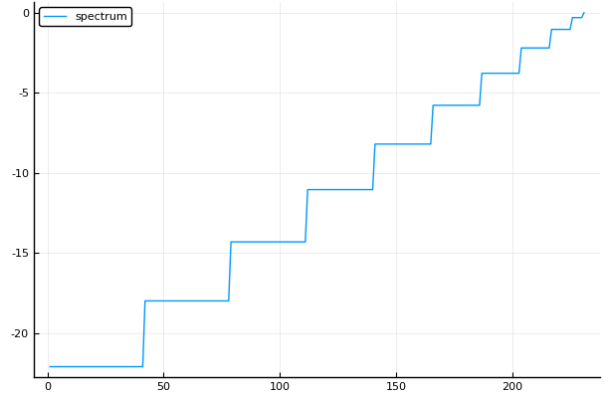
14. března 2021

## 1 Degenerace

Stavy systému číslujeme čísly  $N, n, l$  (grupy  $U(3), U(2), O(2)$ ). Změna parametru  $\xi$  odpovídá přechodu od symetrie grupy  $U(2)$  ( $\xi = 0$  - každý podprostor s daným  $l$  je reprezentací  $U(2)$ ) k  $O(2)$  ( $\xi = 1$  - každý podprostor s daným  $n$  je reprezentací  $O(2)$ ).



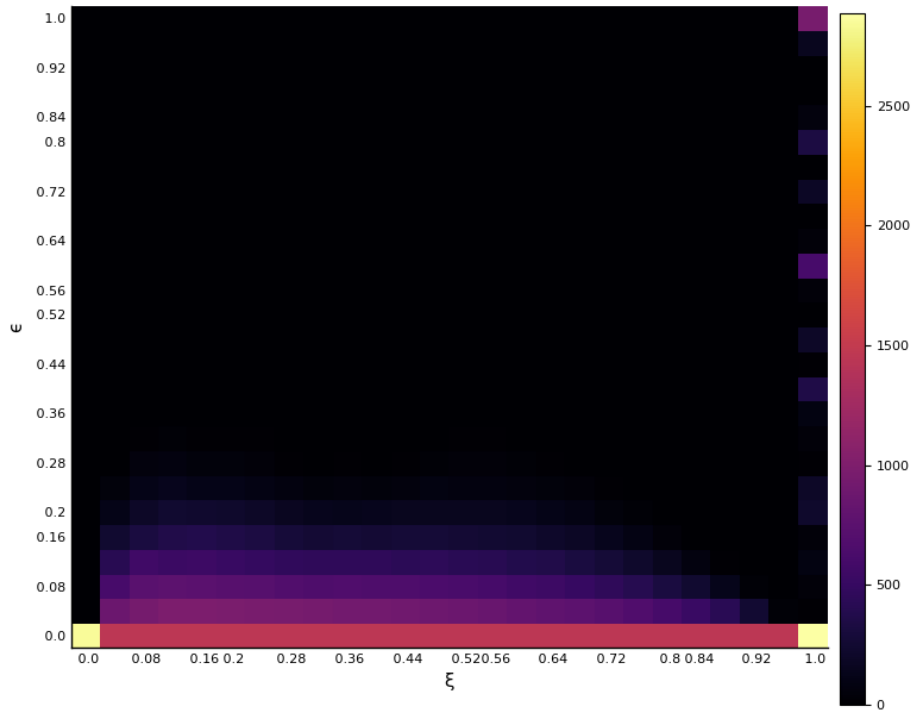
(a)  $\xi = 0$



(b)  $\xi = 1$

Obrázek 1: Spektra pro  $N = 0$  bez vnější poruchy. Na ose x je pořadí hladiny, na ose y je energie.

Míra degenerace (počet degenerovaných hladin - rozdíl počtu hladin v původním spektru a počtu hladin ve spektru, kde se každé dvě hladiny liší alespoň o  $10^{-13}$ ) v závislosti na  $\xi$  i síle vnější poruchy  $\epsilon$  je na obrázku 2.



Obrázek 2: Počet degenerovaných hladin (počet degenerovaných hladin = rozdíl počtu hladin v původním spektru a počtu hladin ve spektru, kde se každé dvě hladiny liší alespoň o  $10^{-13}$ ) v závislosti na  $\xi$  i síle vnější poruchy  $\epsilon$ .  $N = 75$

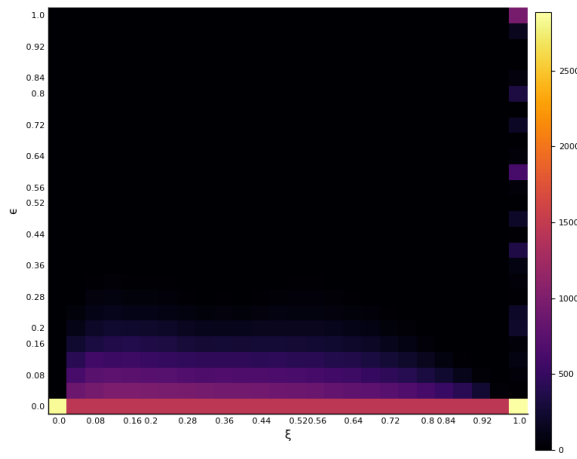
- **Krajní body** - výrazná degenerace v bodech  $\epsilon = 0$  a  $\xi = 0$  a  $1$  je kvůli dodatečné symetrii (obrázek 1)
- **Mezioblast** - pro  $\epsilon = 0$  máme mezi krajními body  $\xi$  degeneraci v párech  $l$  a  $-l$ . V hamiltoniánu je  $\hat{l}^2$ . Jen  $l = 0$  netvoří páry, takže počet degenerovaných hladin je

$$\frac{1}{2} \left( \frac{(N+1)(N+2)}{2} - \left( \left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor + 1 \right) \right),$$

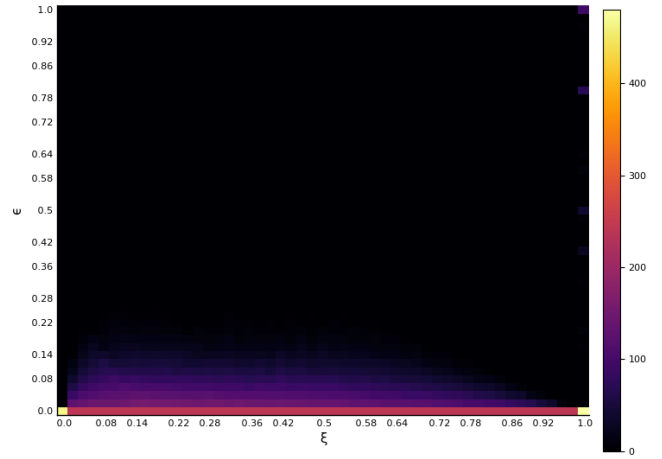
kde  $\lfloor x \rfloor$  je spodní celá část.

S rostoucím  $\epsilon$  dochází k rozbití degenerace. Velikost oblasti s degenerací ale závisí na  $N$ , viz obrázek 3.

- **Krajní oblast** - se změnou poruchy se objevují spárované hladiny ve spektru



(a)  $N = 75$



(b)  $N = 30$

Obrázek 3: Porovnání oblastí s degenerací (nalevo sahá až do  $\epsilon \approx 0.28 \pm 0.04$  a napravo do  $\epsilon \approx 0.20 \pm 0.01$ )

Pár spekter jen v příloze (interaktivní z Plotly).