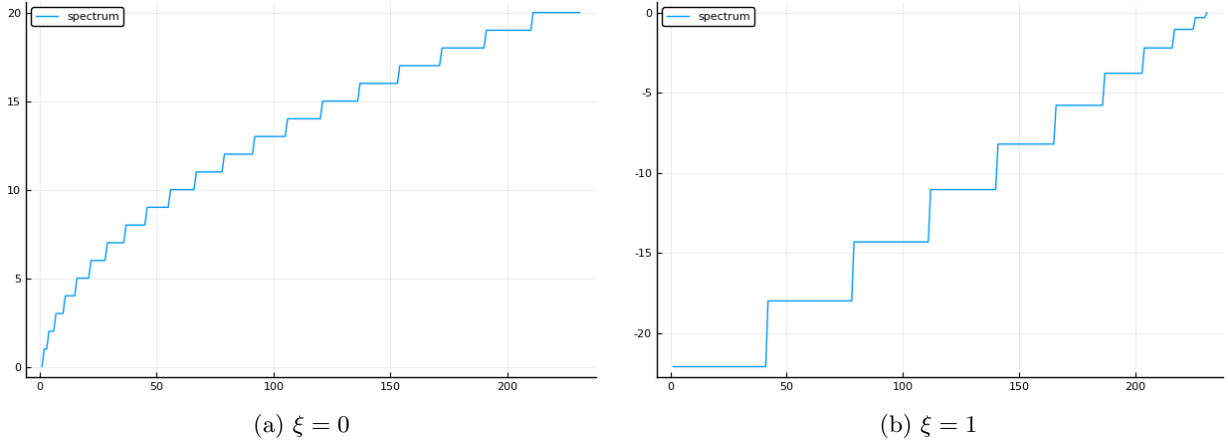


Poznámky

16. března 2021

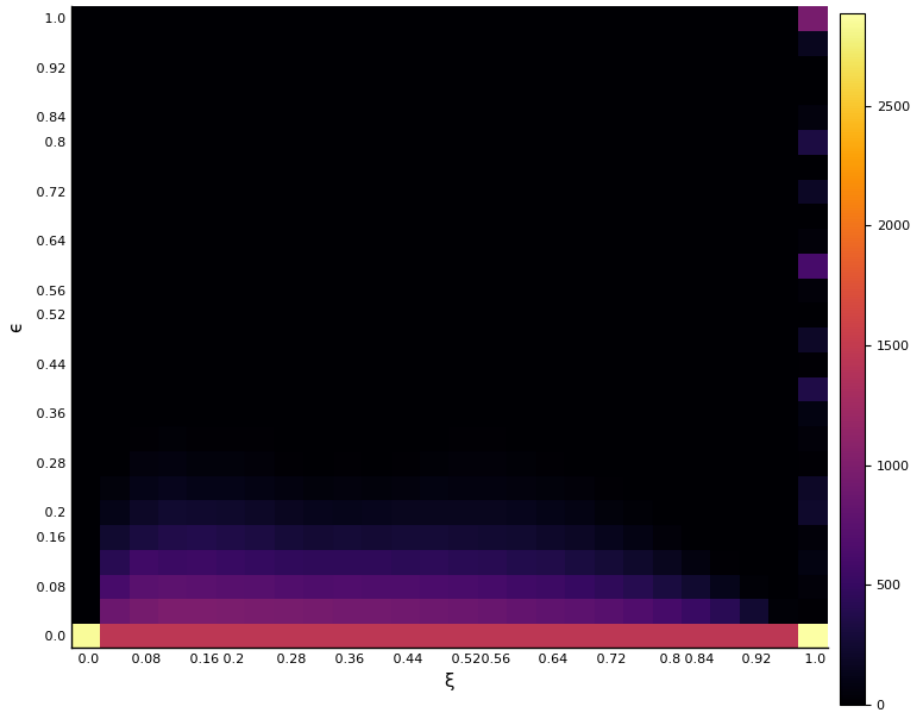
1 Degenerace

Stavy systému číslujeme čísly N, n, l (grupy $U(3), U(2), O(2)$). Změna parametru ξ 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 $O(2)$).



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 ξ i síle vnější poruchy ϵ 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 ξ i síle vnější poruchy ϵ . $N = 75$

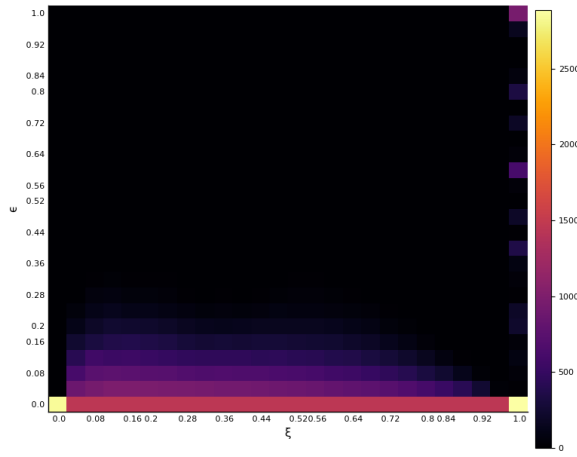
- **Krajní body** - výrazná degenerace v bodech $\epsilon = 0$ a $\xi = 0$ a 1 je kvůli dodatečné symetrii (obrázek 1)
- **Mezioblast** - pro $\epsilon = 0$ máme mezi krajními body ξ degeneraci v párech l a $-l$. V hamiltoniánu je \hat{l}^2 a a příspěvek od \hat{W} nezávisí na znaménku l . Jen $l = 0$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

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

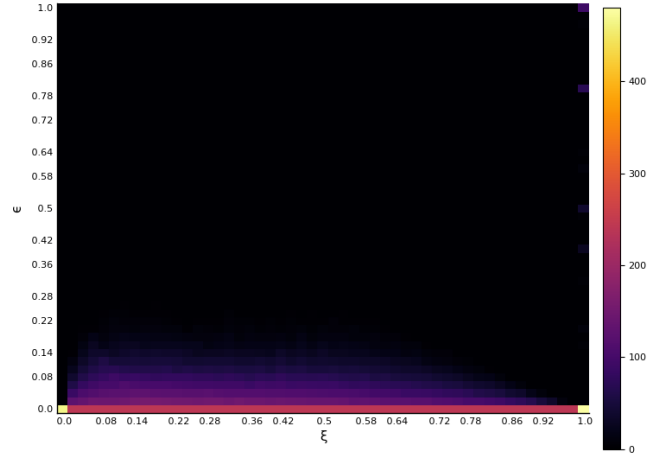
kde $\lfloor x \rfloor$ je spodní celá část. Pro $\epsilon = 0$ jde tak o skutečnou degeneraci. Po diagonalizaci však rodíly degenerovaných hladin leží v intervalu $[0, 10^{-13}]$.

S rostoucím ϵ dochází k rozbití degenerace. Velikost oblasti s degenerací ale závisí na N , viz obrázek 3. Degenerované zůstávají hladiny s velkými l . S rostoucím N máme i hladiny s vyšším l . Tato degenerace vypadá jen jako numerická chyba.

- **Krajní oblast** - se změnou poruchy se objevují spárované hladiny ve spektru. Asi také jen numerické



(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).