

Investigating template bank generation for spin dominated compact binaries

Spin dominált kompakt kettősökből álló hullámforma bank („template bank”) előállításának vizsgálata



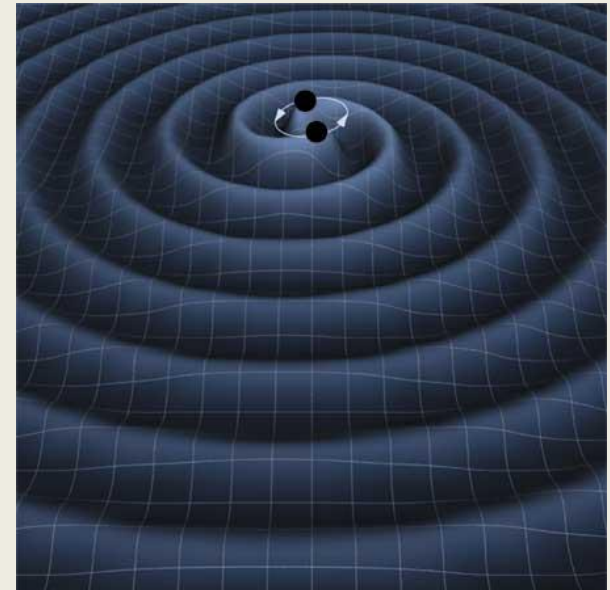
Tápai Márton
Szegedi Tudományegyetem

Témavezető: Gergely Árpád László

Társszerző: Keresztes Zoltán

Gravitációs hullámok

- Kis hepehupák a tér görbületében
- Keletkezés:
 - Ha a rendszer tömeg kvadrupólmomentuma időben változik
- Tipikus forrás:
 - Fekete lyuk kettősök
- Gravitációs hullám távolságváltozást okoz
- Cél: ezt a változást mérni



Gravitációs hullám detektorok

- Észlelés interferométerekkel:
 - LIGO detektorok:
4 km karhossz, Livingstonban és Hanfordban
 - Virgo
3 km karhossz, Olaszországban
 - KAGRA
3km karhossz, Kamioka bányában



Gravitációs hullámok keresése

- Az illesztéses szűrés („matched filtering”) módszert alkalmazzuk
 - Ismert $s(t)$ jelet keresünk $n(t)$ zajban
 - A módszerrel $x(t)=s(t)+n(t)$ jelet korrelálunk egy $h(t)$ mintával

$$(x, h) = 2 \int_0^\infty \frac{\tilde{x}^*(f)\tilde{h}(f) + \tilde{x}(f)\tilde{h}^*(f)}{S_h(f)} df$$

- A mintát normalizálhatjuk

$$\hat{h} = \frac{h}{\sqrt{(h, h)}}$$

- Elhagyjuk a zajt, ekkor egy egynél kisebb vagy egyenlő számot kapunk ha a normalizálást elvégeztük, ez az illesztési érték („match”) (\hat{s}, \hat{h})

Hullámforma bank előállítás

- Gravitációs hullámok keresésekor a szűrést a paraméterter diszkrét pontjain generált hullámformákkal kell végezni, ez az ún. Hullámforma bank
- A paraméter téren a hullámformák közötti távolságot úgy kell választani, hogy bármilyen jel esetén a keresés egy minimum illesztési értéket elérjen (0.97, 0.95)
- Két hullámforma bank generáló módszer van:
 - Adott pont körül a paraméter térben illesztési értékeket számolunk, amíg el nem érünk egy minimális értéket. Ezt folytatjuk a teljes paraméter tartományon.
 - A jelsokaságon definiálunk egy metrikát, ebből határozzuk meg a hullámformák közötti távolságot

Hullámforma bank előállítás

- Jelenleg a módszerek 2 dimenziós hullámforma bank előállítására vannak kidolgozva:
m össztömeg, ν tömegarány (vagy m_1 és m_2)
- Advanced LIGO detektorok számára fontos lesz a hullámformák esetén a spin és a precesszió figyelembe vétele
- Ezen effektusok megnövelik a paraméterek számát, ez megnehezíti az optimális hullámforma bank előállítását

Spin-dominált hullámformák (SDW)

- Kis tömegarányú fekete lyuk kettősök esetén a spin nagyságok hányadosa a tömegarány négyzetével arányos. Ekkor a kisebb spint elhanyagolhatjuk -> 1 spines hullámforma
L. Á. Gergely, P. L. Biermann, *Astrophys. J.* 697, 1621 (2009)
- A domináns spin és a pályaimpulzus momentum hányadosa: $\frac{S_1}{L_N} \approx \varepsilon^{1/2} \nu^{-1} \chi_1$
- A bespirálózás végén a spin dominál a pályaimpulzus felett
- Bevezetünk egy kis paramétert ami kijelöli a bespirálózás végét $\xi = \varepsilon^{-1/2} \nu \leq 0.1$

Spin-dominált hullámformák (SDW)

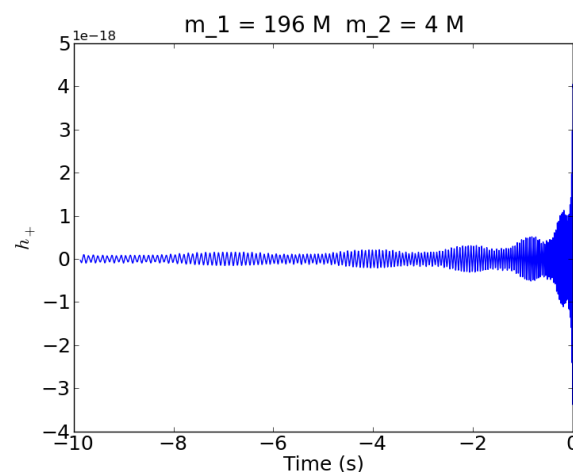
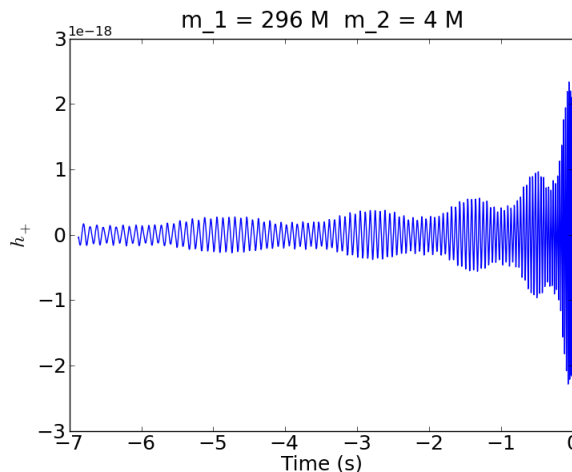
- A spin-dominált hullámformák Poszt-Newtoni, a bespirálózást leíró hullámformák, melyeken egy dupla sorfejtést végeztünk el az ε és ξ paraméterekkel

M. Tápai, Z. Keresztes, L. Á. Gergely, Phys. Rev. D 86, 104045 (2012).

Table 1 SDW contributions of different ξ and ε orders

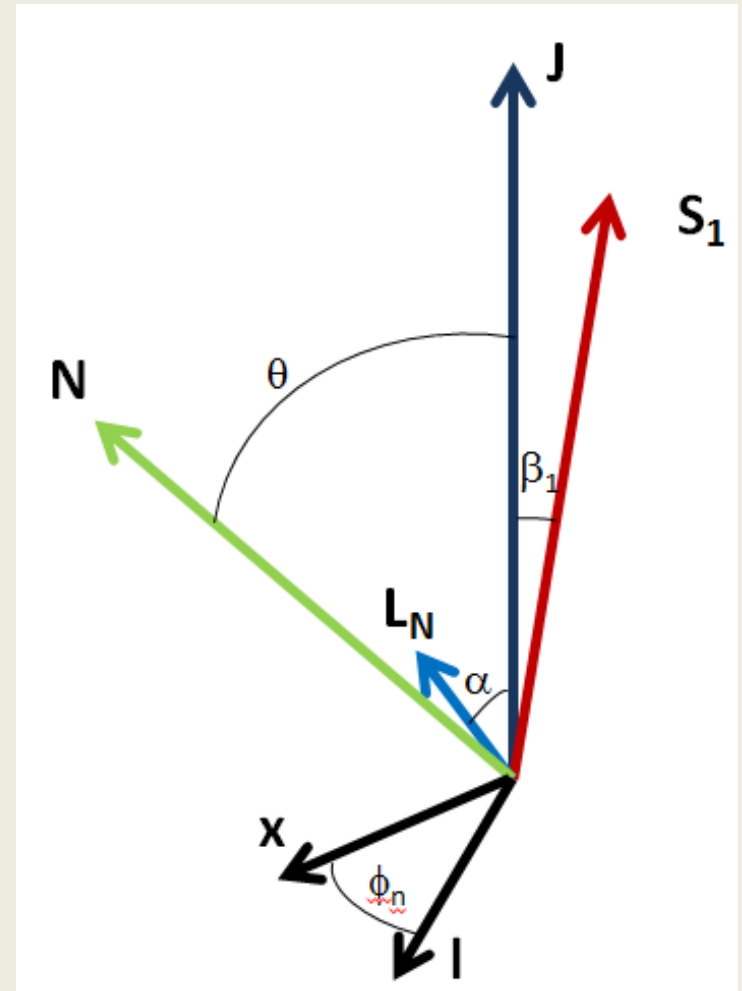
	ε^0	$\varepsilon^{1/2}$	ε^1	$\varepsilon^{3/2}$
ξ^0	h_+^0	$h_+^{0.5}$	h_+^1, h_+^{1SO}	$h_+^{1.5}, h_+^{1.5SO}, h_+^{1.5tail}$
ξ^1	$h_+^{\tilde{0}\beta}$	$h_+^{\tilde{0}.5\beta}$	$h_+^{\tilde{1}\beta}, h_+^{\tilde{1}\beta SO}$	

The SO terms contain the dominant spin



Spin-dominált hullámformák (SDW)

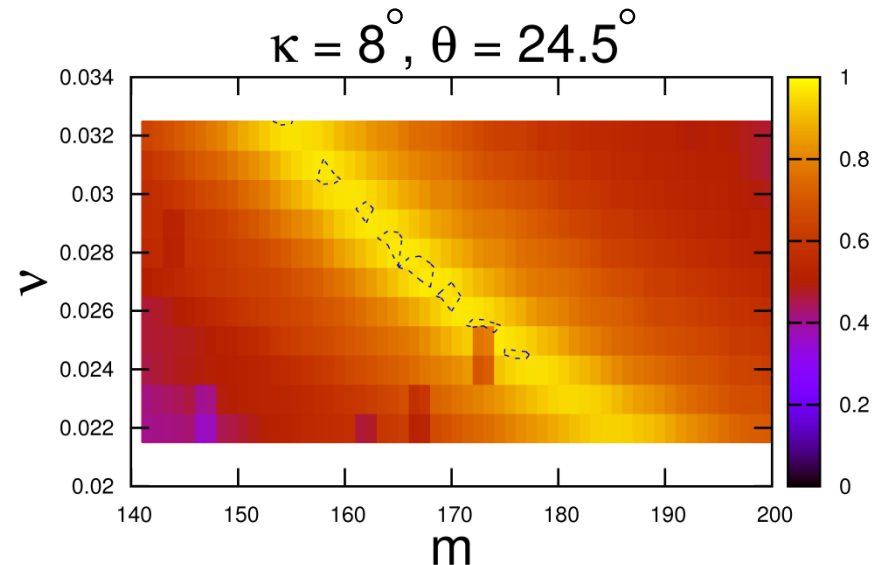
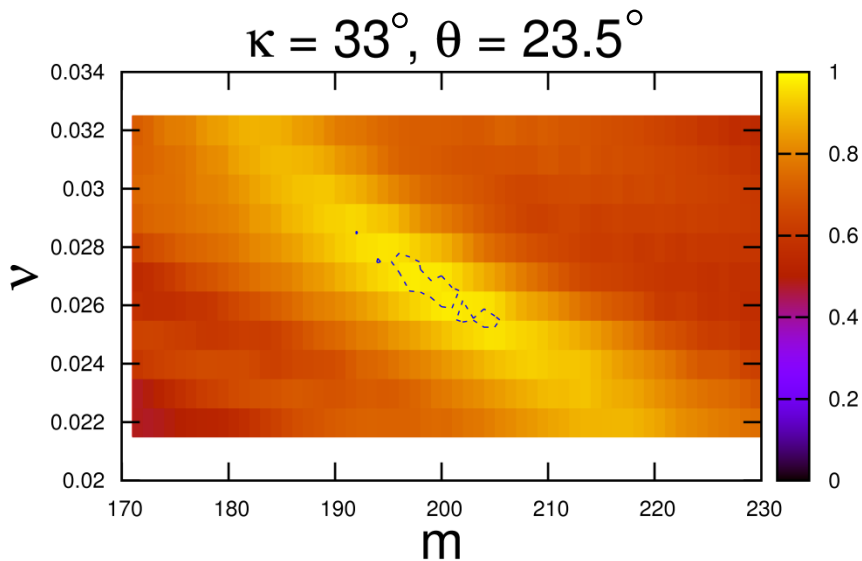
- Paraméterek:
 - m : Össztömeg
 - v : tömegarány
 - χ : dimenziómentes spin paraméter
 - κ_1 : Domináns spin és a pályaimpulzus momentum által bezárt szög
 - θ : látóirány és a teljes impulzus momentum által bezárt szög
- Vizsgáljuk a paramétertérén a minimum illesztési értékhez tartozó kontúrokat



Fixen tartott paraméterek: θ , $\chi=0.98$, κ

Változó paraméterek: m , ν

Vizsgált pont: $m = 200 M_{\odot}$, $\nu = 0.0265$

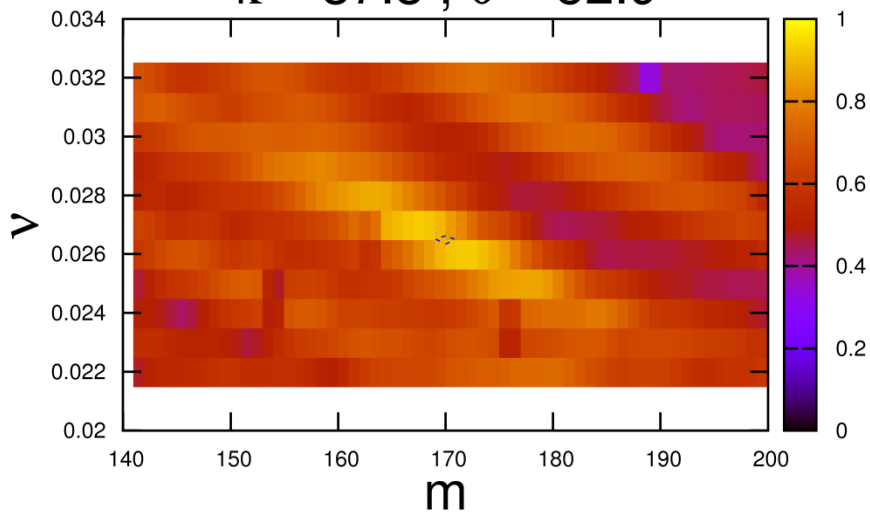


Fixen tartott paraméterek: θ , $\chi=0.98$, κ

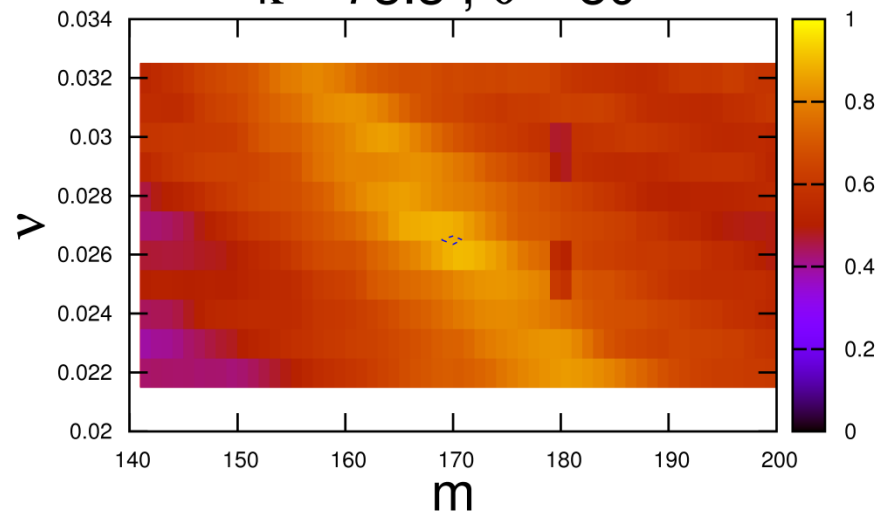
Változó paraméterek: m , ν

Vizsgált pont: $m = 200 M_{\odot}$, $\nu = 0.0265$

$\kappa = 37.8^{\circ}$, $\theta = 52.9^{\circ}$



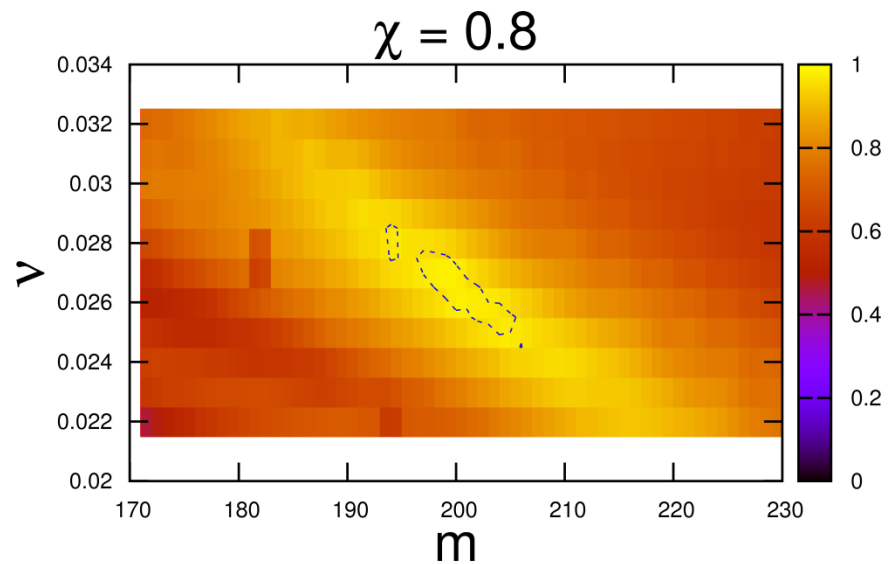
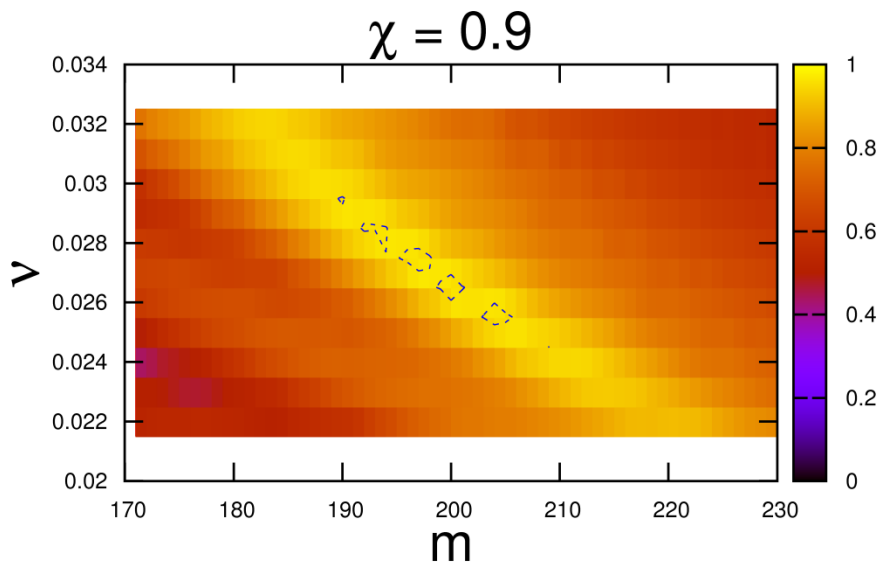
$\kappa = 73.3^{\circ}$, $\theta = 80^{\circ}$



Fixen tartott paraméterek: θ , χ , $\kappa=33^\circ$

Változó paraméterek: m , ν

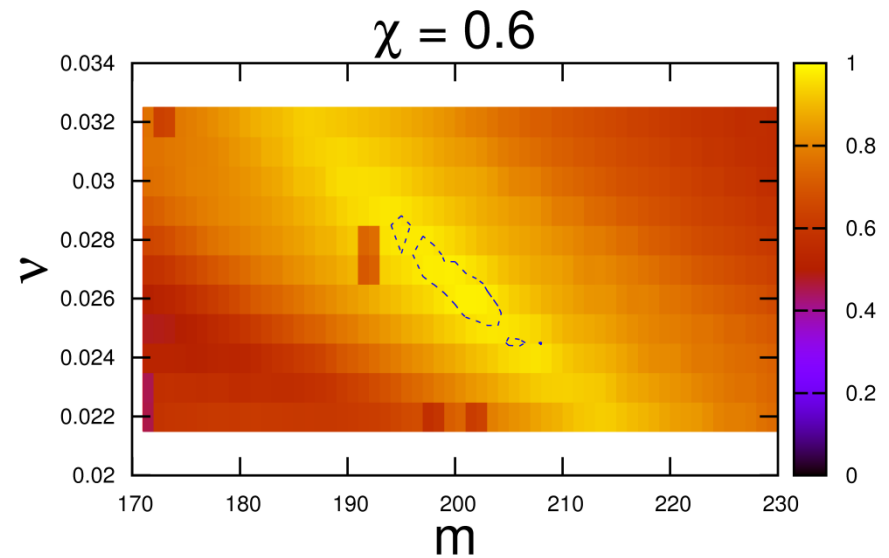
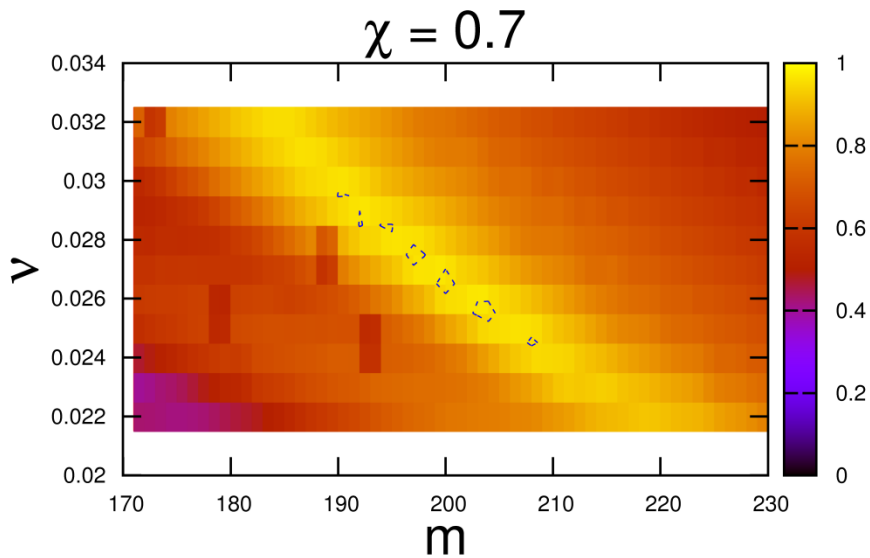
Vizsgált pont: $m = 200 M_\odot$, $\nu = 0.0265$



Fixen tartott paraméterek: $\theta=23.5^\circ$, χ , $\kappa=33^\circ$

Változó paraméterek: m , ν

Vizsgált pont: $m = 200 M_\odot$, $\nu = 0.0265$



Konklúzió és kitekintés

- κ és θ szögek jelentősen befolyásolják a minimum illesztési értékhez tartozó kontúrt
- A dimenziómentes spin paraméter változásának hatása nem egyértelmű ezekből a számolásokból
- További tervek:
 - Metrika készítése az 5 dimenziós paraméterterre

Köszönöm a figyelmet

- Jelen kutatási eredmények megjelenését a „*Szuperszámítógép, a nemzeti virtuális laboratórium*” című, TAMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0010 azonosítószámú projekt támogatja. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

