

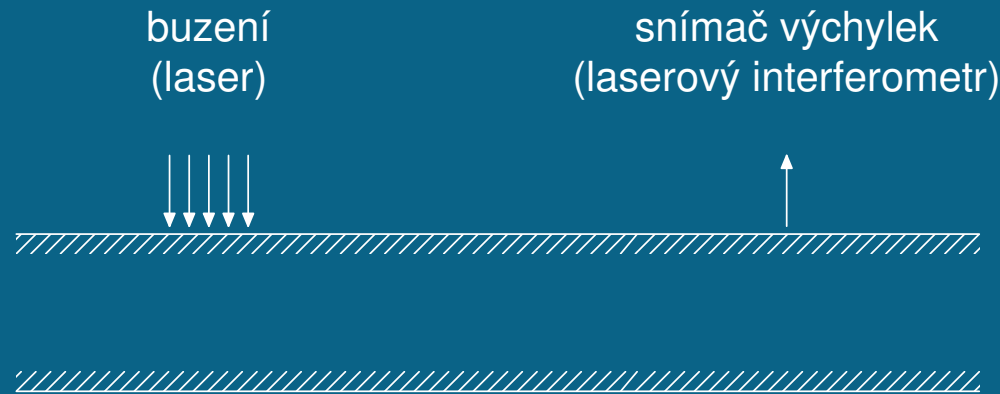
VLIV MINDLINOVÝCH OKRAJOVÝCH PODMÍNEK NA ŠÍŘENÍ VLN V TLUSTÉ ANIZOTROPNÍ DESCE

O. Červená, P. Hora
Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.

Příspěvek vznikl na základě podpory projektu GA ČR č. 101/06/1689
Analýza komponent modelu systému pro metodiku akustické emise
a záměru ÚT AV ČR, v.v.i., AV0Z20760514.

Stanovení elastických koeficientů kompozitních materiálů

Metoda: fitování vypočtených disperzních křivek na naměřené disperzní křivky.

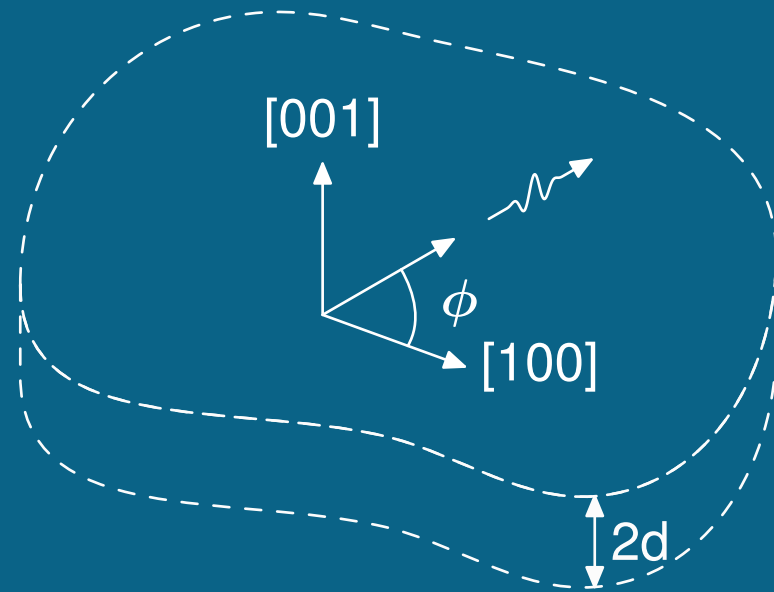


Postup měření disperzních křivek:

- prostorové rozmítání laserového buzení (≈ 0.1 mm),
- snímání výchylek laserovým interferometrem,
- získání sady průběhů pro různé vzdálenosti,
- stanovení disperzních křivek z měření pomocí 2D FFT.

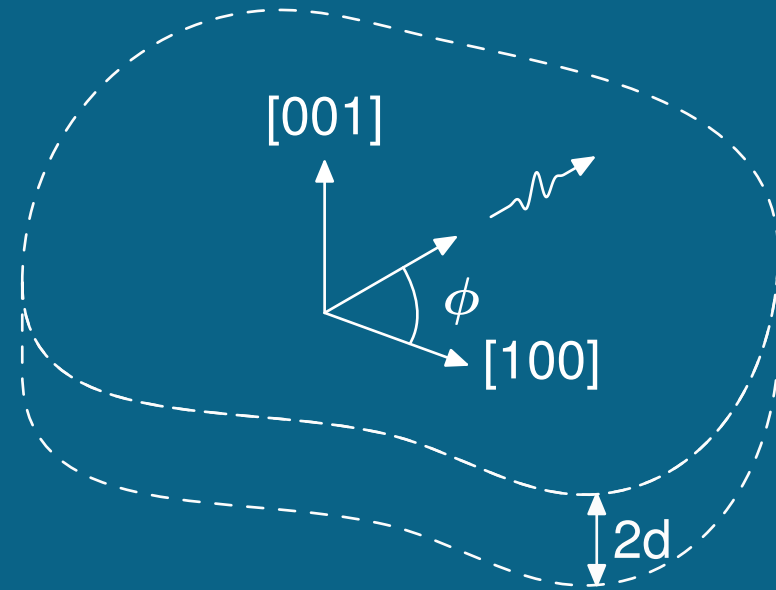
Výpočet disperzních křivek

- nekonečná tlustá deska
- volné okrajové podmínky
- orientace (001)
- libovolný směr šíření v rovině desky



Výpočet disperzních křivek

- nekonečná tlustá deska
- volné okrajové podmínky
- orientace (001)
- libovolný směr šíření v rovině desky
- metoda parciálních vln
- získání disperzních vztahů
- vyčíslení disperzních vztahů
- porovnání s výsledky Mindlinovy teorie oddělených módů



Metoda parciálních vln

- Používá se ke studiu šíření napěťových vln v anizotropních deskách.
- Řešení skládá z jednoduchých vln exponenciálního typu, které putují mezi okraji desky.

Každá parciální vlna musí mít stejnou hodnotu k_x
 ($k_x = k = \omega/v$, kde v je fázová rychlost vlny v desce).

- Řešení má tvar

$$u_j = \alpha_j \exp [ik(x + l_z z)], \quad \text{kde } j = x, y, z \quad \text{a} \quad l_z = k_z/k_x.$$

- Substituce tohoto vztahu do Christoffelovy rovnice
- Soustava tří homogenních lineárních rovnic pro α_x, α_y a α_z
- Netriviální řešení \Rightarrow determinant soustavy je roven nule
- Polynom šestého řádu pro $l_z \Rightarrow$ šest kořenů $l_z^{(n)}, n = 1, \dots, 6$

Řešení odpovídá třem dopadajícím a třem odraženým vlnám.

- Vztahy pro parciální vlny

$$u_j = \sum_{n=1}^6 C_n \alpha_j^{(n)} \exp \left[ik(x + l_z^{(n)} z) \right], \quad (j = x, y, z).$$

- Okrajové podmínky

$$T_{xz} = T_{yz} = T_{zz} = 0, \quad \text{pro } z = \pm d.$$

- Substituce předpokládaného řešení do okrajových podmínek
- Soustava šesti homogenních lineárních rovnic

Koeficienty soustavy C_n jsou funkcemi ρ , c_{IJ} , $\omega/k = v$ a kd .

- Netriviální řešení \Rightarrow determinant soustavy je roven nule
- Disperzní vztah mezi ω a k

Mindlinova metoda oddělených módů

- zavedení speciálních okrajových podmínek:

$$T_{xz} = 0, \quad u_z = 0 \quad \text{nebo} \quad T_{zz} = 0, \quad u_x = 0.$$

- Degenerace symetrických a antisymetrických módů do oddělených SV a P-módů.
- Lze použít pro dělení módů v rovinách symetrie krystalu, kdy lze oddělit SH-módy, tj. pro kubickou anizotropii při $\phi = 0^\circ$ a $\phi = 45^\circ$ a pro ortotropii při $\phi = 0^\circ$ a $\phi = 90^\circ$.

Mindlinova metoda oddělených módů

- zavedení speciálních okrajových podmínek:

$$T_{xz} = 0, \quad u_z = 0 \quad \text{nebo} \quad T_{zz} = 0, \quad u_x = 0.$$

- Degenerace symetrických a antisymetrických módů do oddělených SV a P-módů.
- Lze použít pro dělení módů v rovinách symetrie krystalu, kdy lze oddělit SH-módy, tj. pro kubickou anizotropii při $\phi = 0^\circ$ a $\phi = 45^\circ$ a pro ortotropii při $\phi = 0^\circ$ a $\phi = 90^\circ$.
- Zobecnění metody: pro obecný úhel ϕ přidána podmínka:

$$u_y = 0.$$

- Degenerace symetrických a antisymetrických módů do tří různých oddělených módů.

Ortotropní deska

symetrické módy:

$$\operatorname{tg} \left(l_z^{(1)} kd \right) A + \operatorname{tg} \left(l_z^{(3)} kd \right) B + \operatorname{tg} \left(l_z^{(5)} kd \right) C = 0,$$

antisymetrické módy:

$$\operatorname{cotg} \left(l_z^{(1)} kd \right) A + \operatorname{cotg} \left(l_z^{(3)} kd \right) B + \operatorname{cotg} \left(l_z^{(5)} kd \right) C = 0,$$

kde

$$A = \left(D_x^{(1)} D_y^{(3)} - D_x^{(3)} D_y^{(1)} \right) \left[D_z^{(5)} + \left(E_x^{(5)} - E_y^{(5)} \right) \cos \phi \left(c_{1,3} - c_{2,3} \right) \right] c_{44} c_{55},$$

$$B = \left(D_x^{(5)} D_y^{(1)} - D_x^{(1)} D_y^{(5)} \right) \left[D_z^{(3)} + \left(E_x^{(3)} - E_y^{(3)} \right) \cos \phi \left(c_{1,3} - c_{2,3} \right) \right] c_{44} c_{55},$$

$$C = \left(D_x^{(3)} D_y^{(5)} - D_x^{(5)} D_y^{(3)} \right) \left[D_z^{(1)} + \left(E_x^{(1)} - E_y^{(1)} \right) \cos \phi \left(c_{1,3} - c_{2,3} \right) \right] c_{44} c_{55},$$

$$D_x^{(n)} = \alpha_x^{(n)} l_z^{(n)} + \alpha_z^{(n)},$$

$$D_y^{(n)} = \alpha_y^{(n)} l_z^{(n)},$$

$$D_z^{(n)} = \alpha_z^{(n)} l_z^{(n)} c_{33} + \alpha_x^{(n)} c_{23},$$

$$E_x^{(n)} = \alpha_x^{(n)} \cos \phi,$$

$$E_y^{(n)} = \alpha_y^{(n)} \sin \phi,$$

$$\alpha_x^{(n)} = c_{3,3} g_1 l_z^{(n)4} + (g_1 g_2 + c_{3,3} g_3 - g_4^2) l_z^{(n)2} + g_2 g_3,$$

$$\alpha_y^{(n)} = -c_{3,3} g_5 l_z^{(n)4} + (g_4 g_6 + c_{3,3} g_7 - g_2 g_5) l_z^{(n)2} + g_2 g_7,$$

$$\alpha_z^{(n)} = \left((g_4 g_5 - g_1 g_6) l_z^{(n)2} - (g_3 g_6 + g_4 g_7) \right) l_z^{(n)},$$

pro $n = 1, 3, 5,$

$$g_1 = \sin^2 \phi c_{5,5} + \cos^2 \phi c_{4,4},$$

$$g_2 = \sin^2 \phi c_{4,4} + \cos^2 \phi c_{5,5} - \rho v^2,$$

$$g_3 = \sin^2 \phi \cos^2 \phi (c_{1,1} - 2 c_{1,2} + c_{2,2} - 4 c_{6,6}) + c_{6,6} - \rho v^2,$$

$$g_4 = \sin \phi \cos \phi (c_{2,3} - c_{1,3} + c_{4,4} - c_{5,5}),$$

$$g_5 = \sin \phi \cos \phi (c_{4,4} - c_{5,5}),$$

$$g_6 = \sin^2 \phi (c_{2,3} + c_{4,4}) + \cos^2 \phi (c_{1,3} + c_{5,5}),$$

$$g_7 = \sin \phi \cos \phi (c_{1,2} - c_{2,2} + 2 c_{6,6} + (c_{1,1} - 2 c_{1,2} + c_{2,2} - 4 c_{6,6}) \cos^2 \phi).$$

Mindlinovy křivky

Ze zobecněných Mindlinových okrajových podmínek

$$T_{xz} = 0, \quad u_z = 0, \quad u_y = 0 \quad \text{resp.} \quad T_{zz} = 0, \quad u_x = 0, \quad u_y = 0$$

plyne

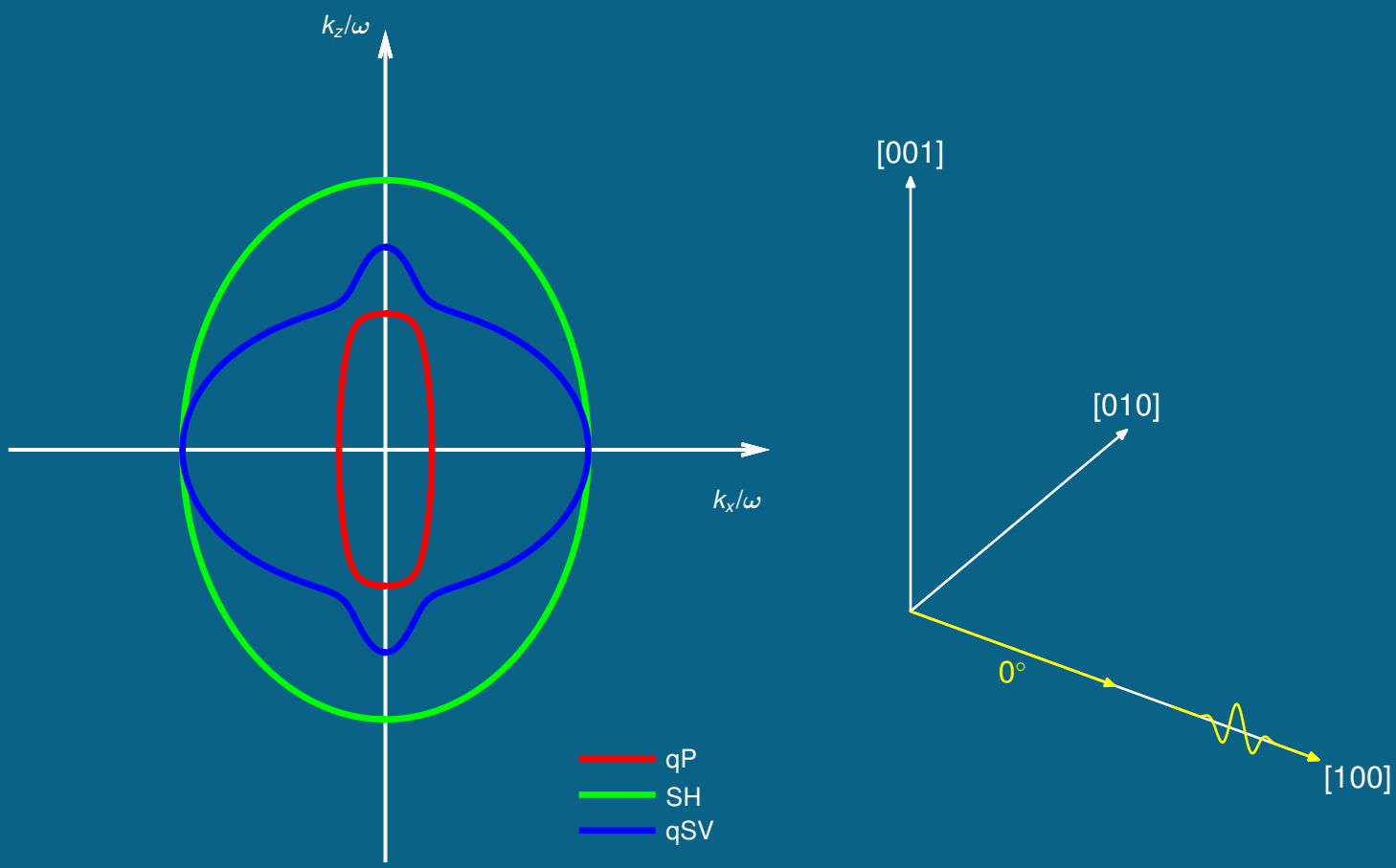
$$\sin \left(2 l_z^{(1)} k d \right) = 0 \quad \Rightarrow \quad l_z^{(1)} = N \pi / 2 k d \quad \text{pro} \quad N = 0, 1, 2, \dots$$

$$\sin \left(2 l_z^{(3)} k d \right) = 0 \quad \Rightarrow \quad l_z^{(3)} = N \pi / 2 k d \quad \text{pro} \quad N = 0, 1, 2, \dots$$

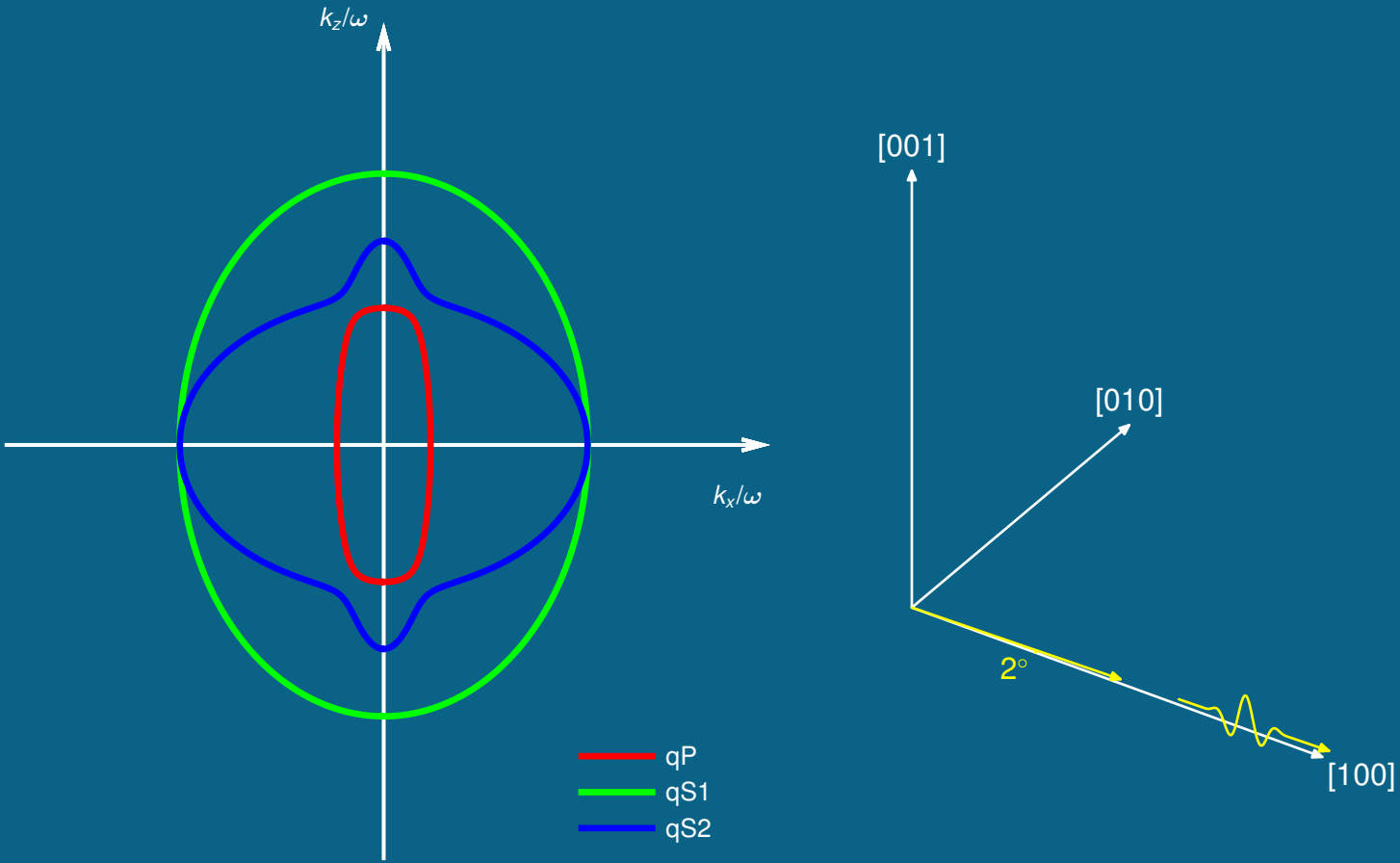
nebo

$$\sin \left(2 l_z^{(5)} k d \right) = 0 \quad \Rightarrow \quad l_z^{(5)} = N \pi / 2 k d \quad \text{pro} \quad N = 0, 1, 2, \dots$$

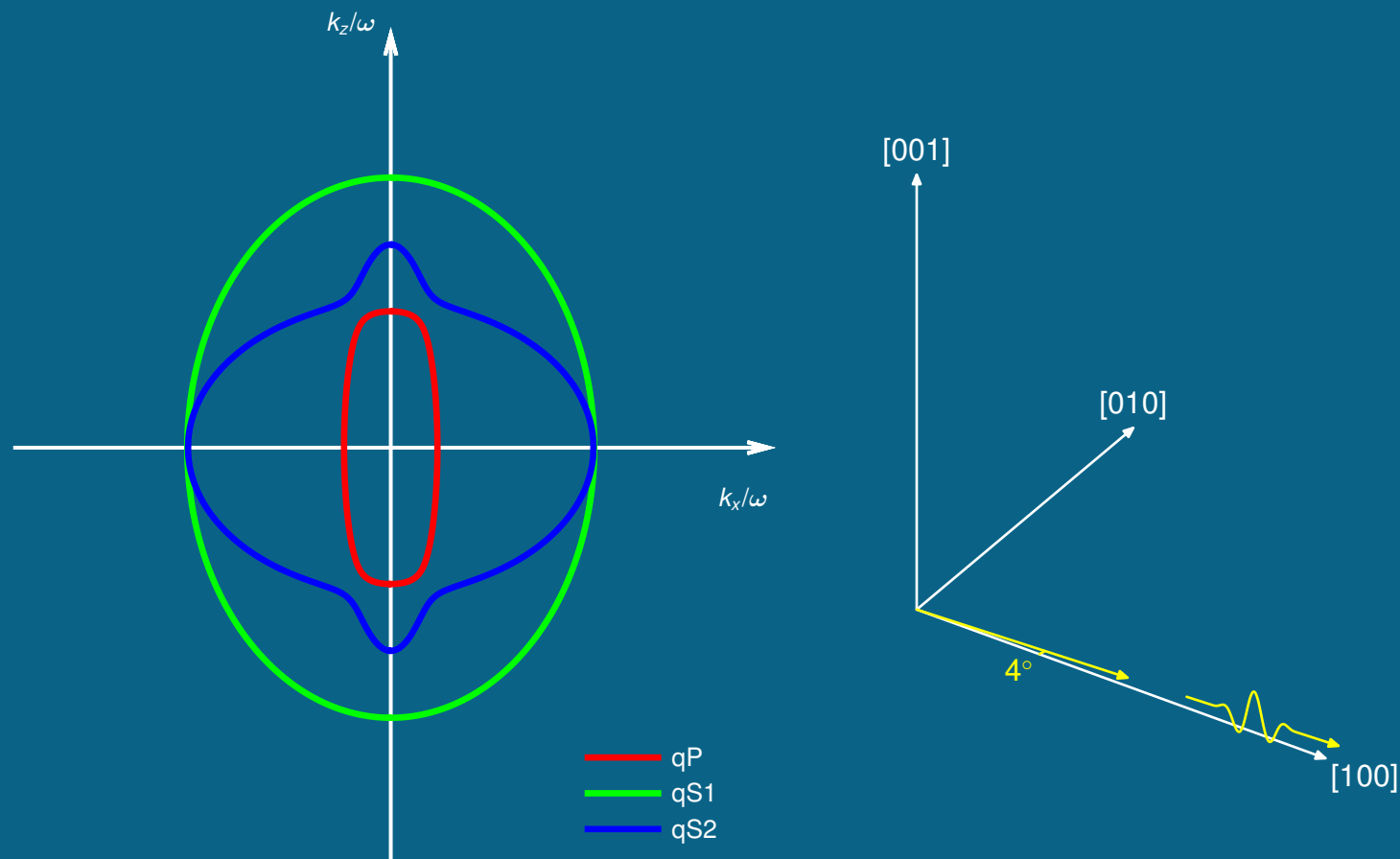
Pomalostní křivky



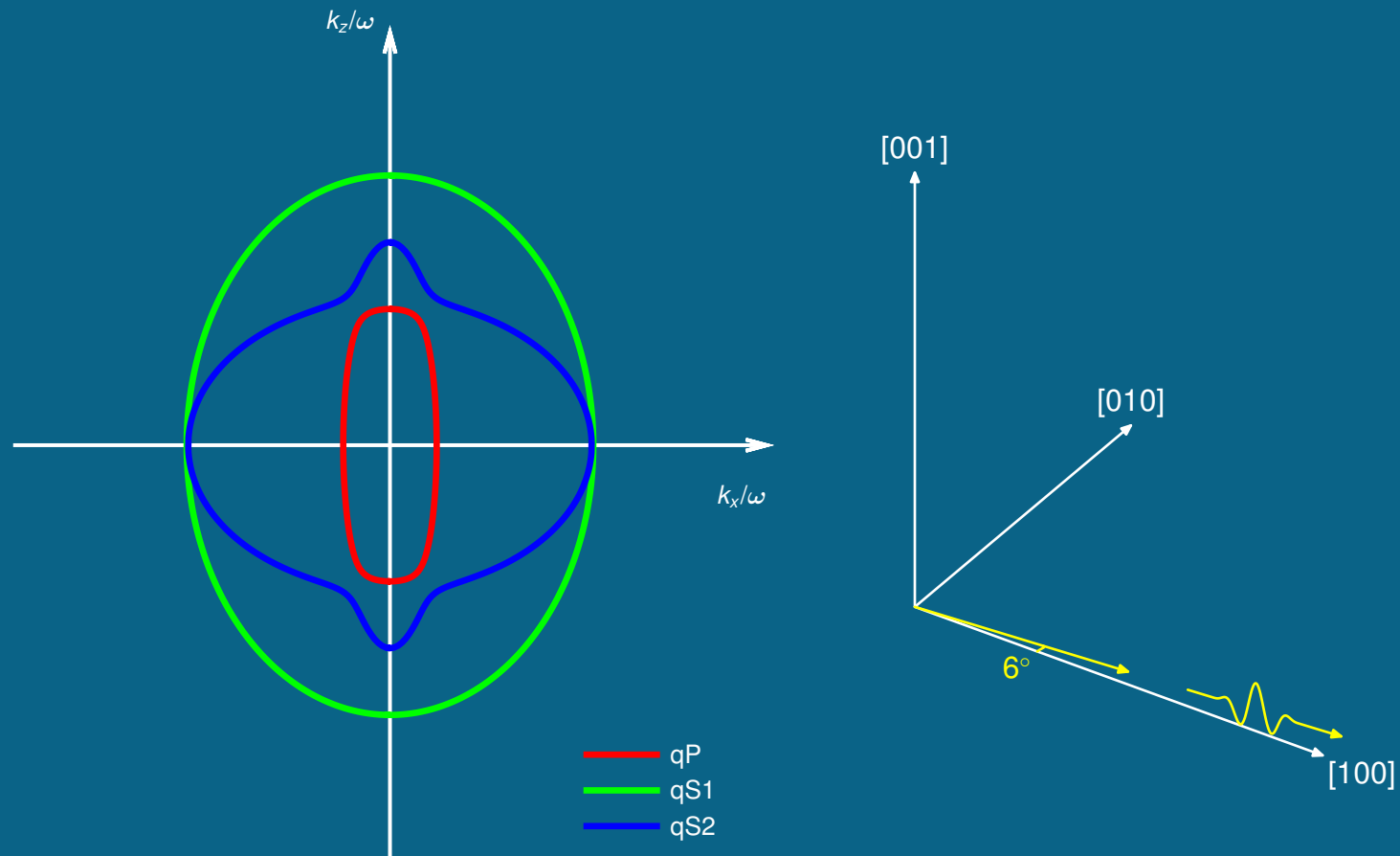
Pomalostní křivky



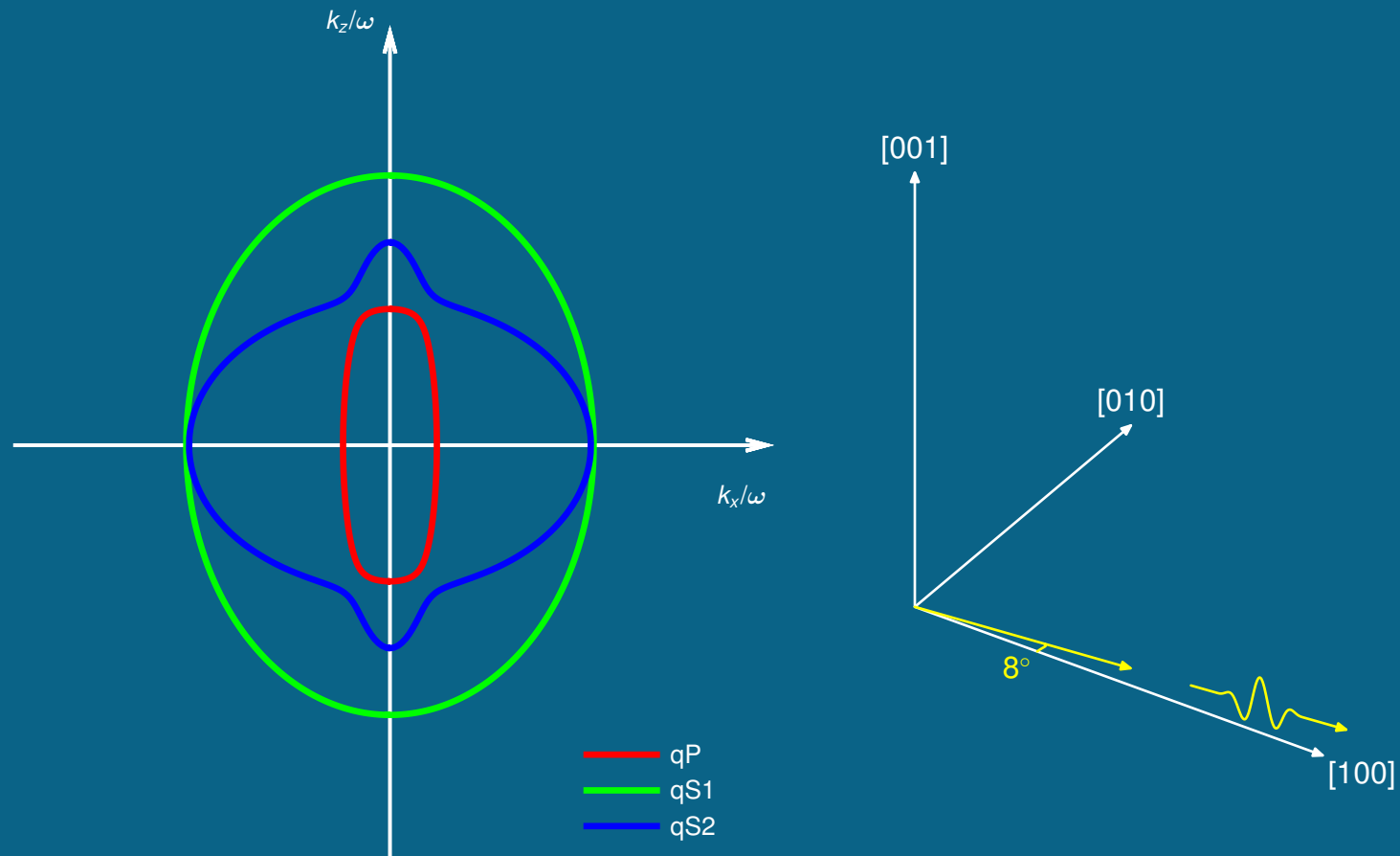
Pomalostní křivky



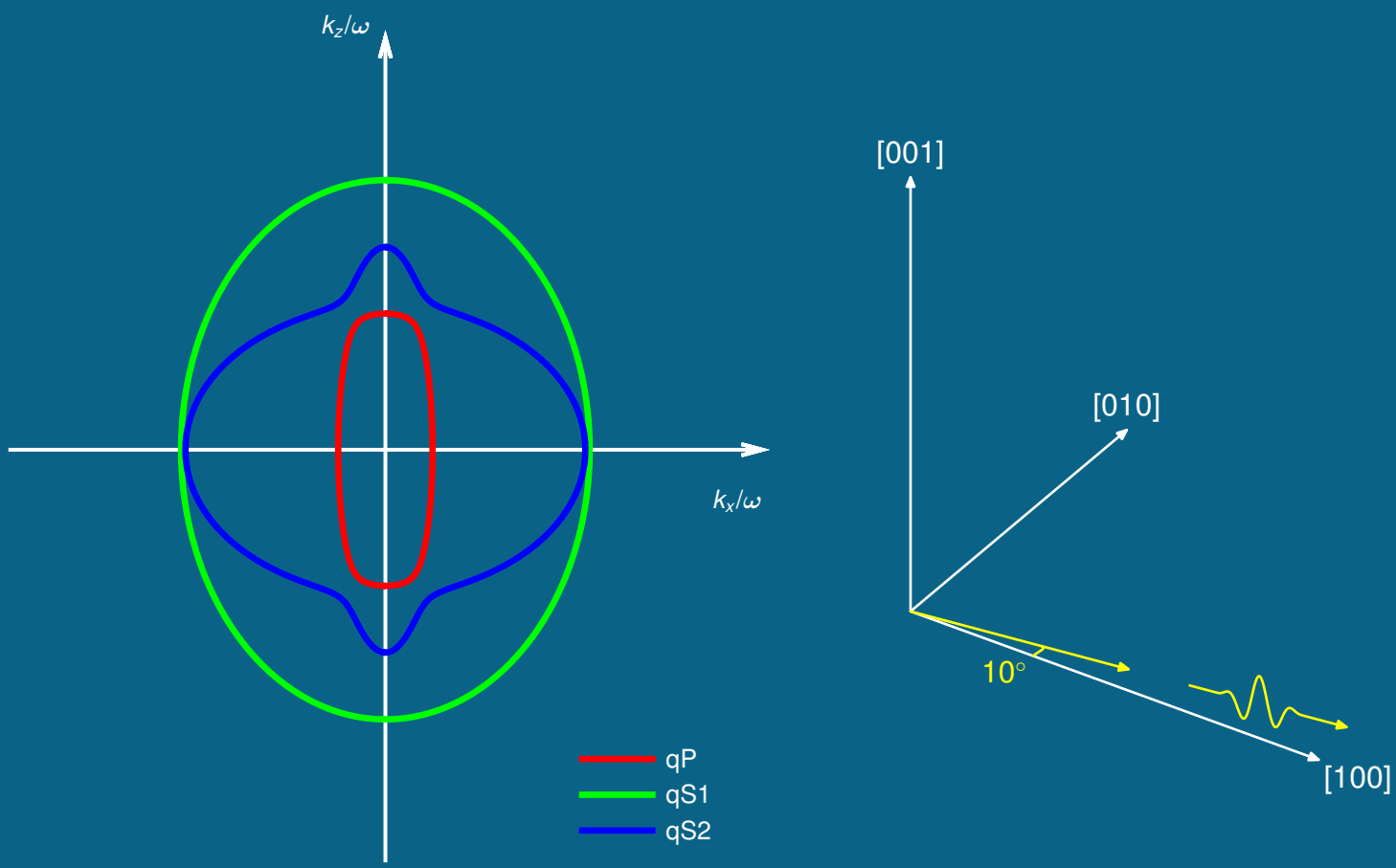
Pomalostní křivky



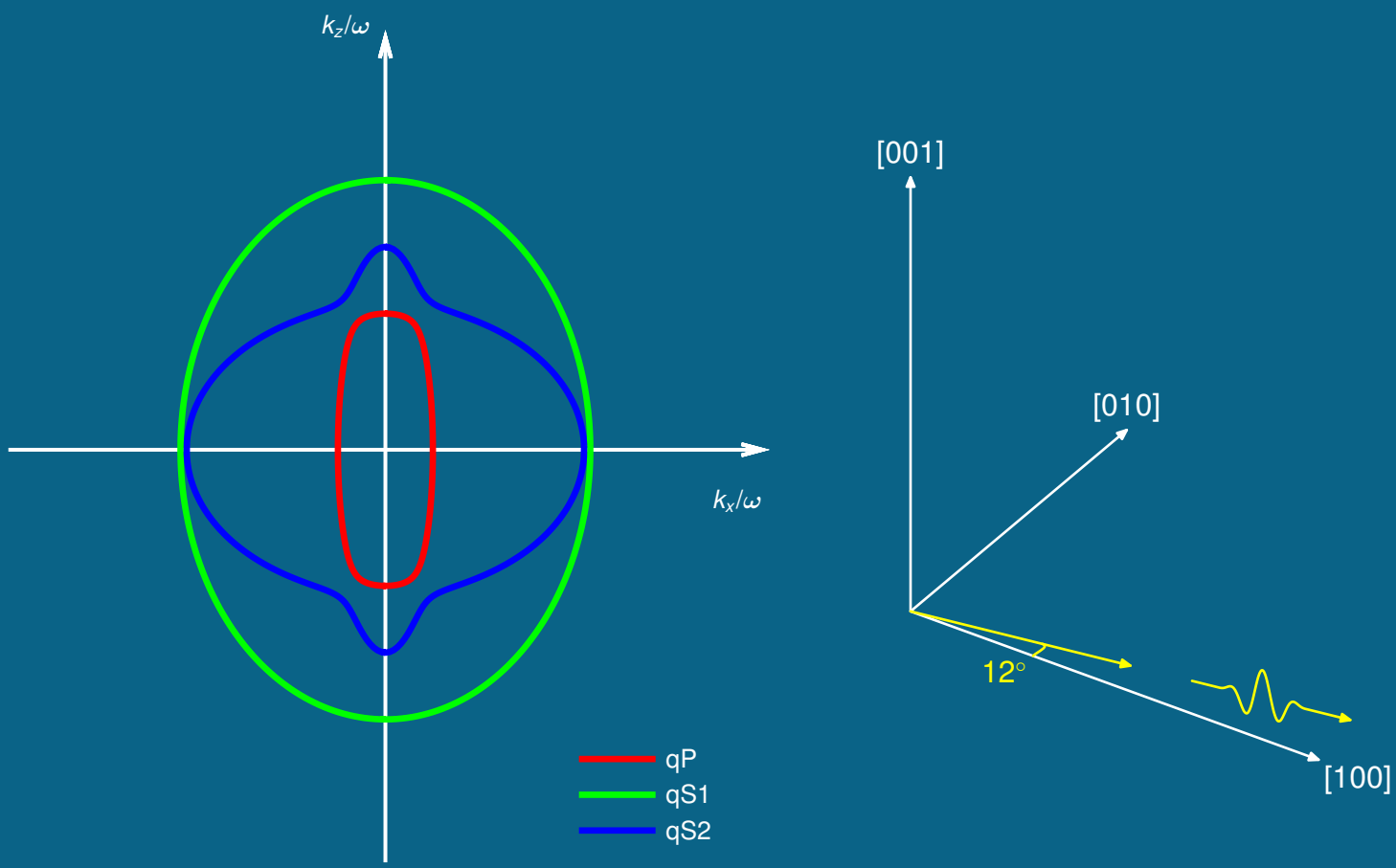
Pomalostní křivky



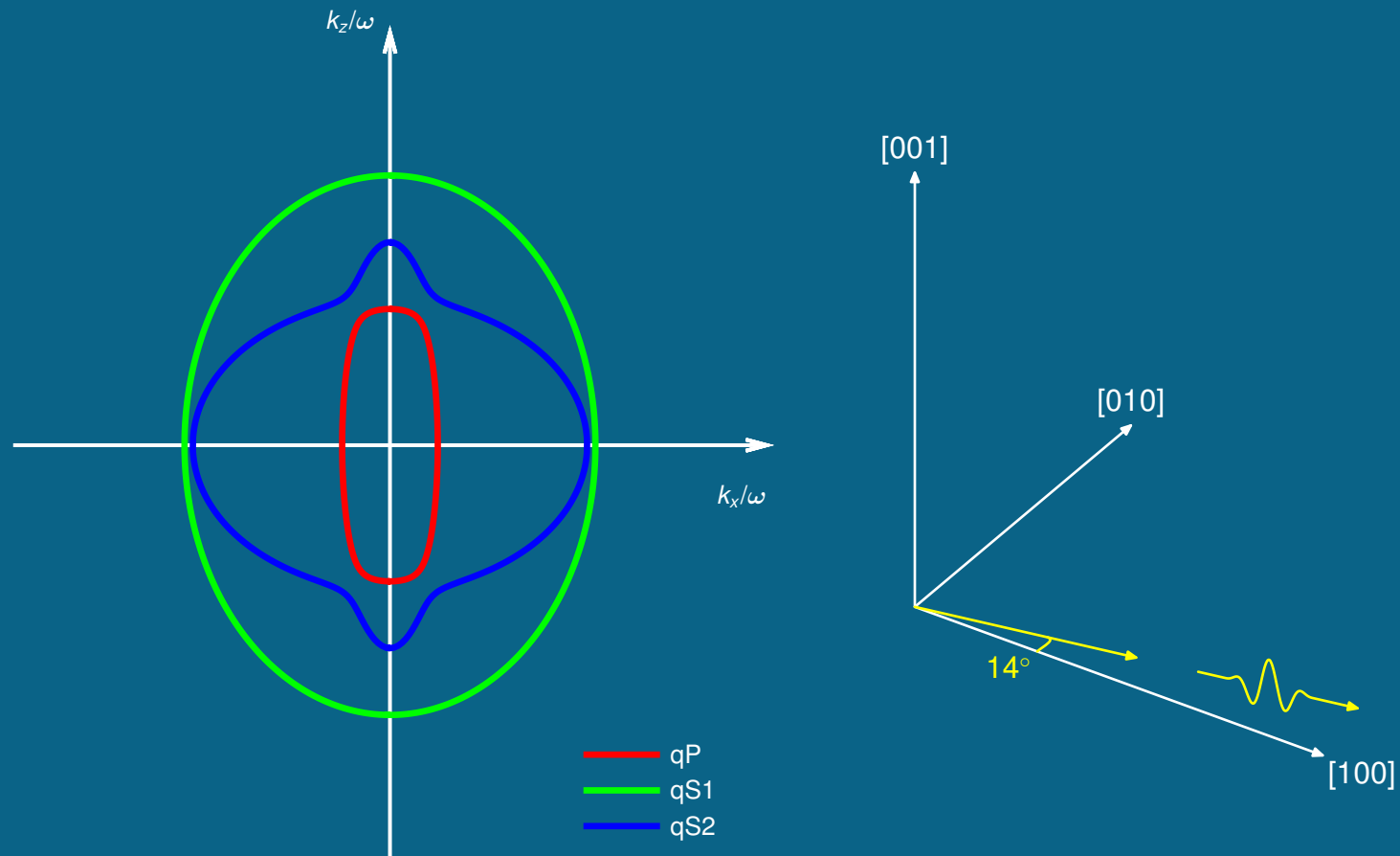
Pomalostní křivky



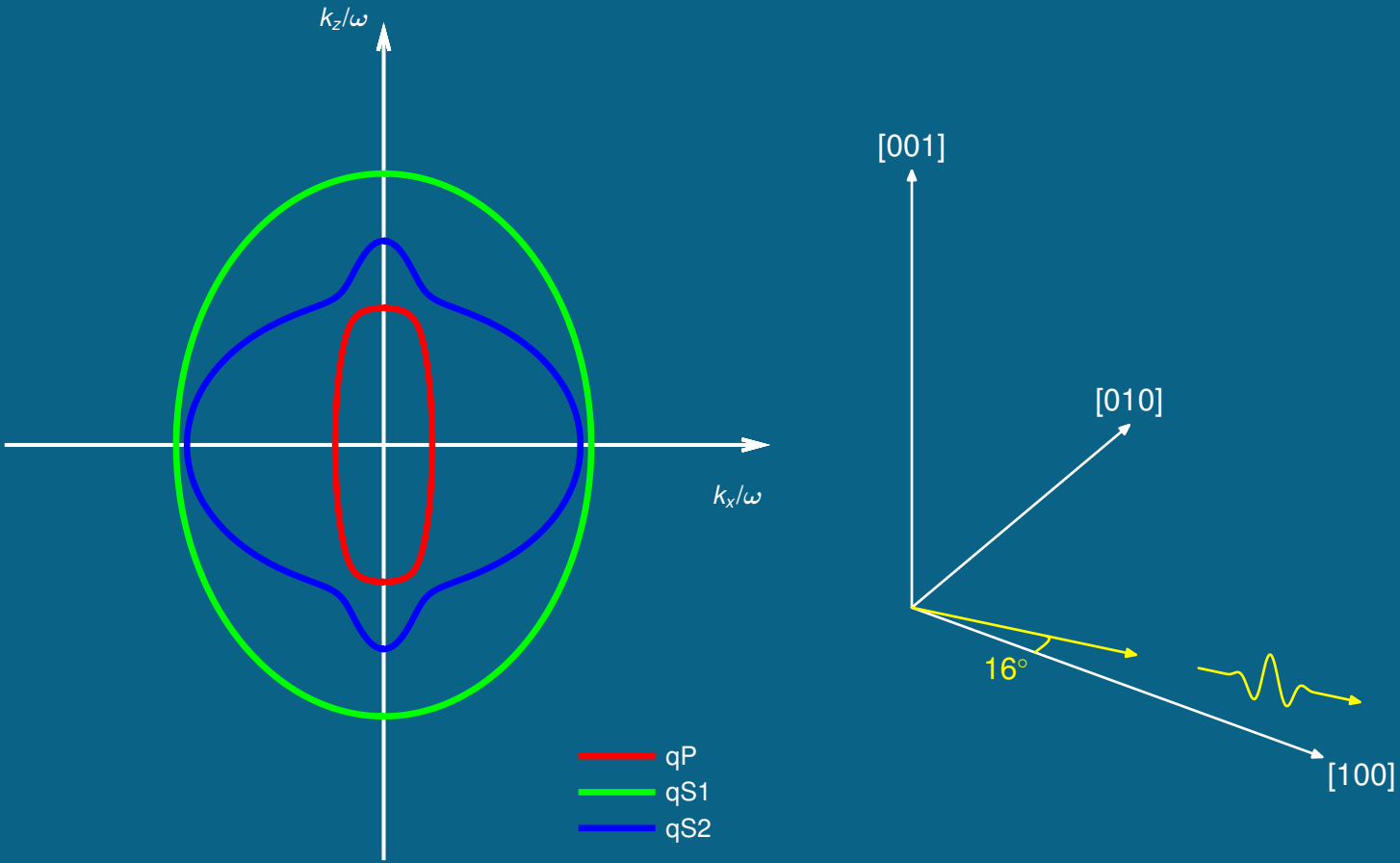
Pomalostní křivky



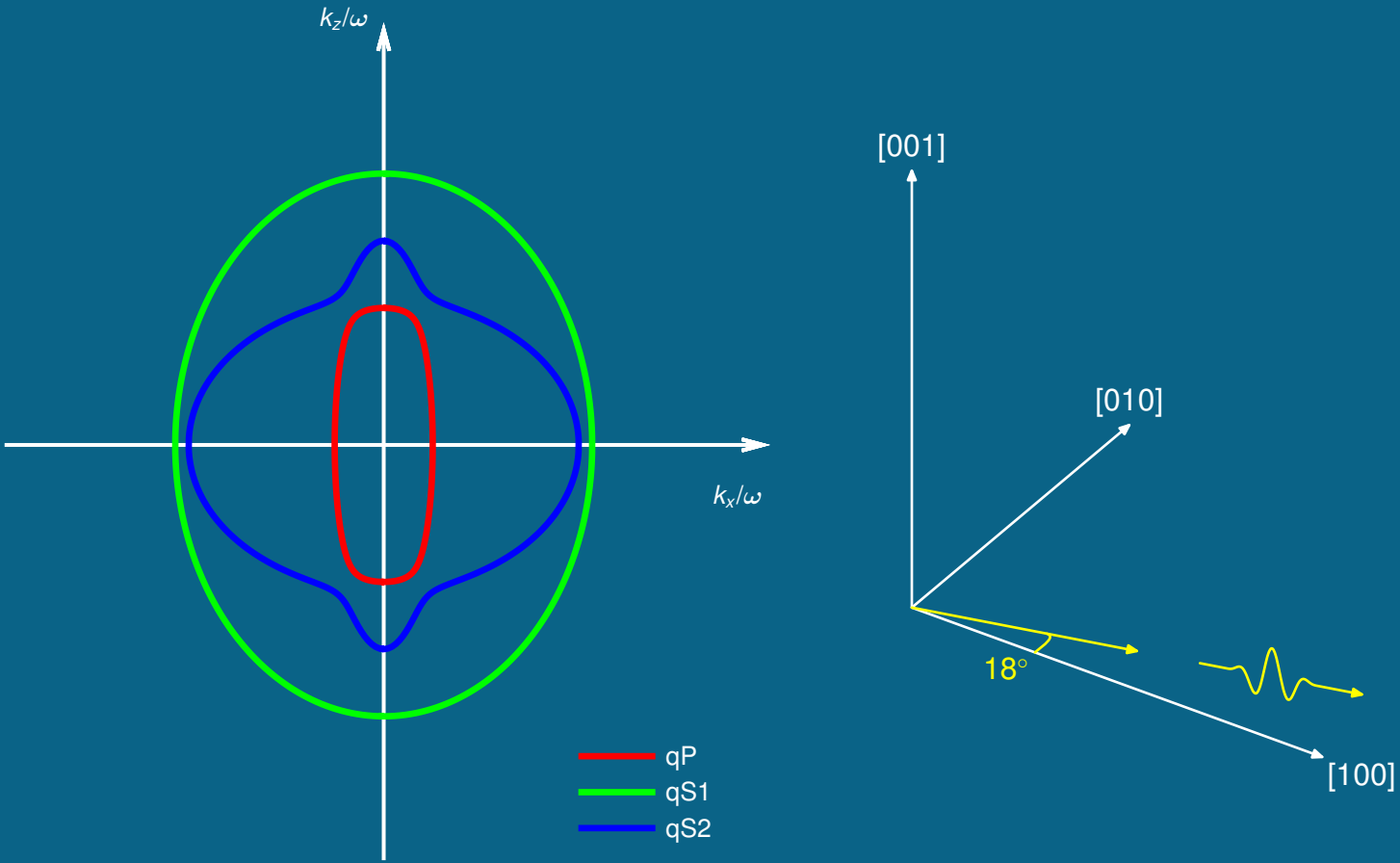
Pomalostní křivky



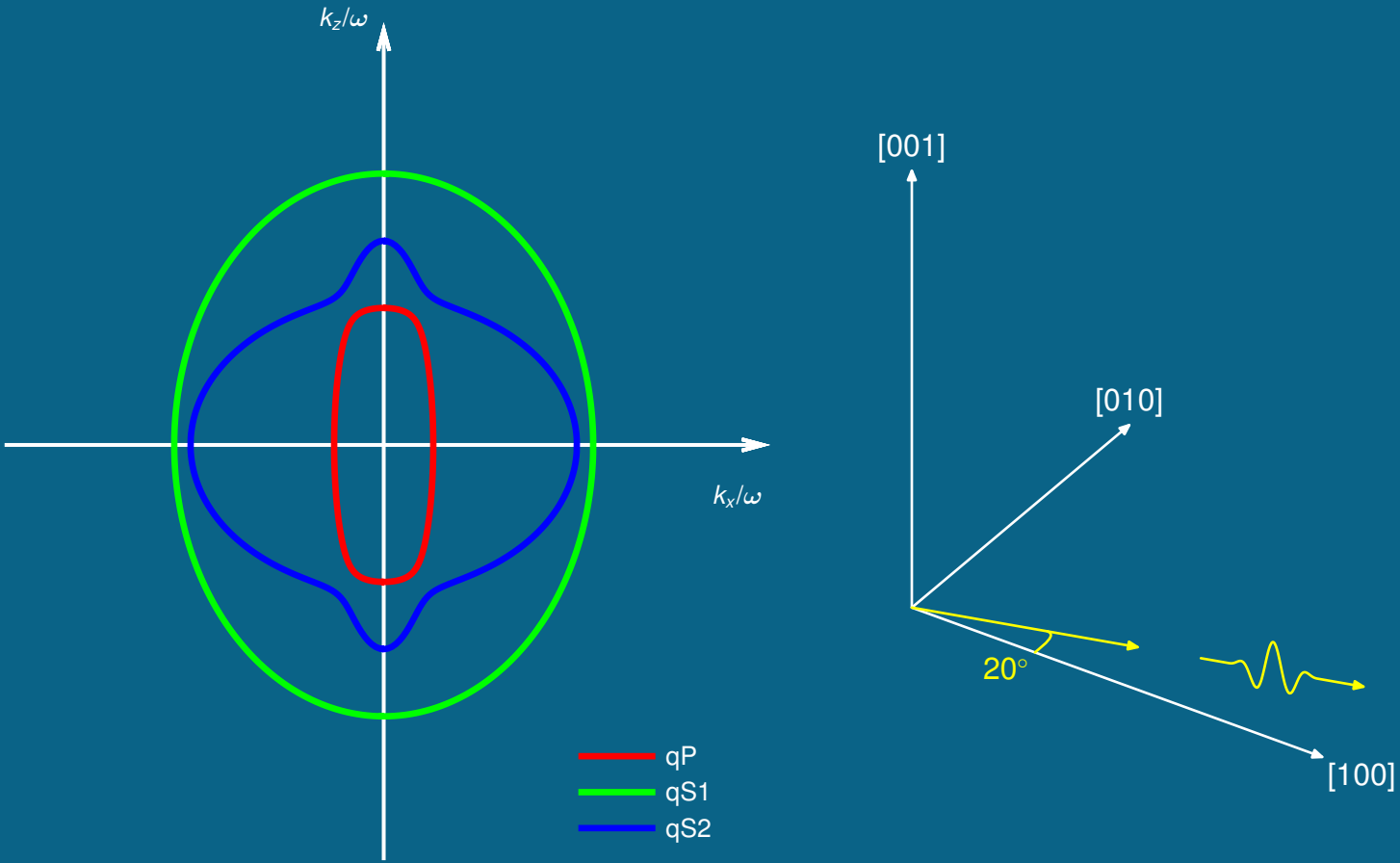
Pomalostní křivky



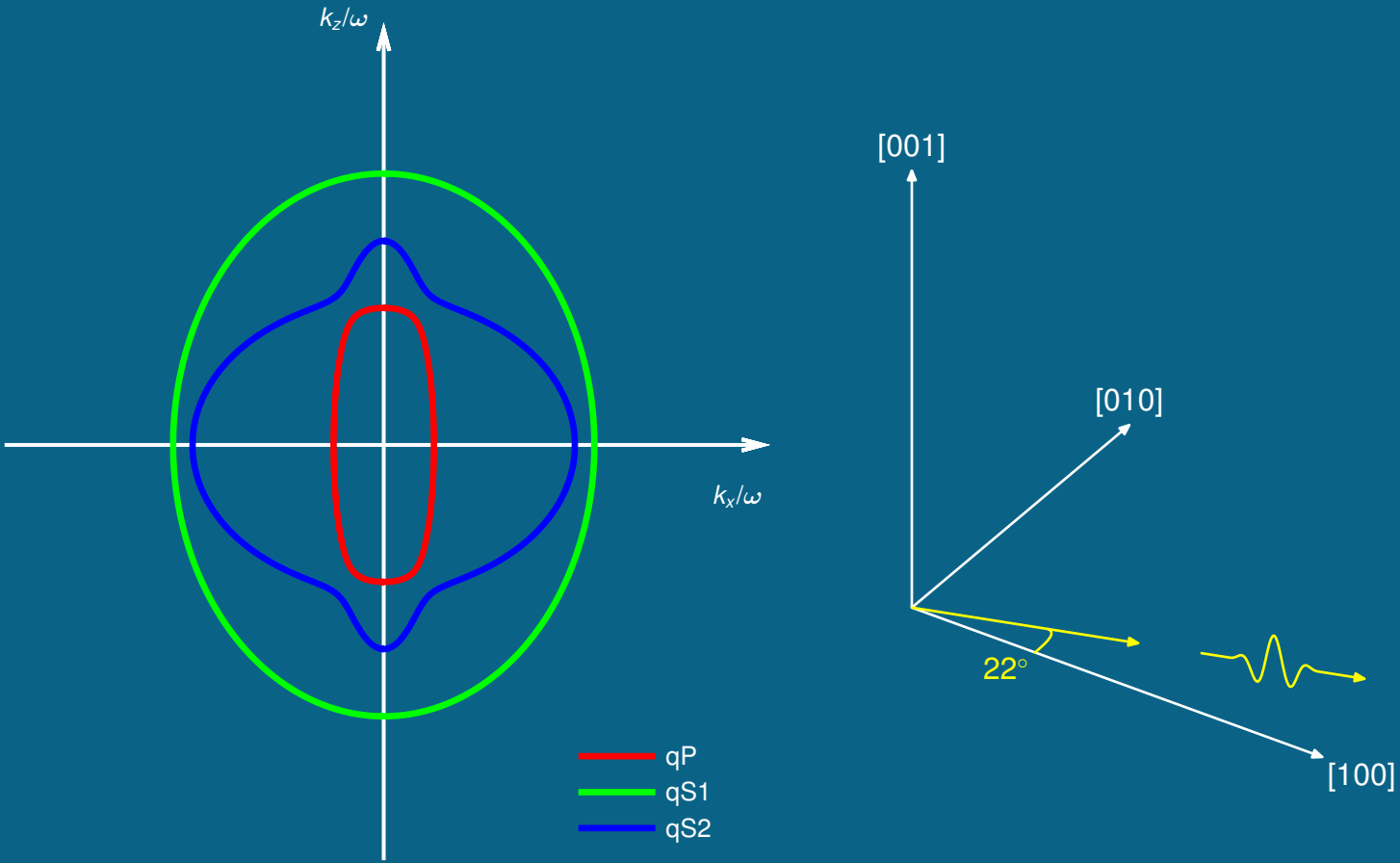
Pomalostní křivky



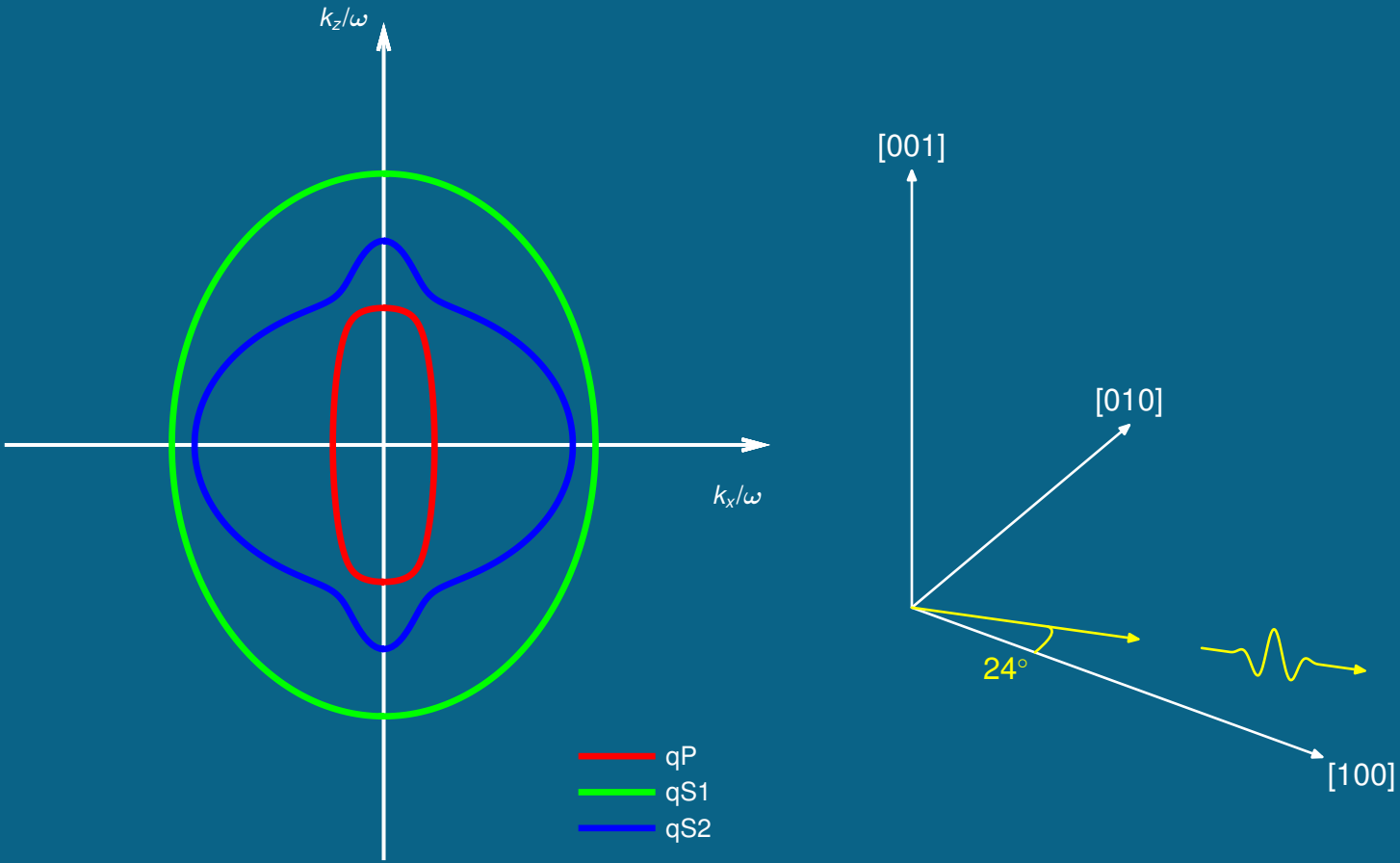
Pomalostní křivky



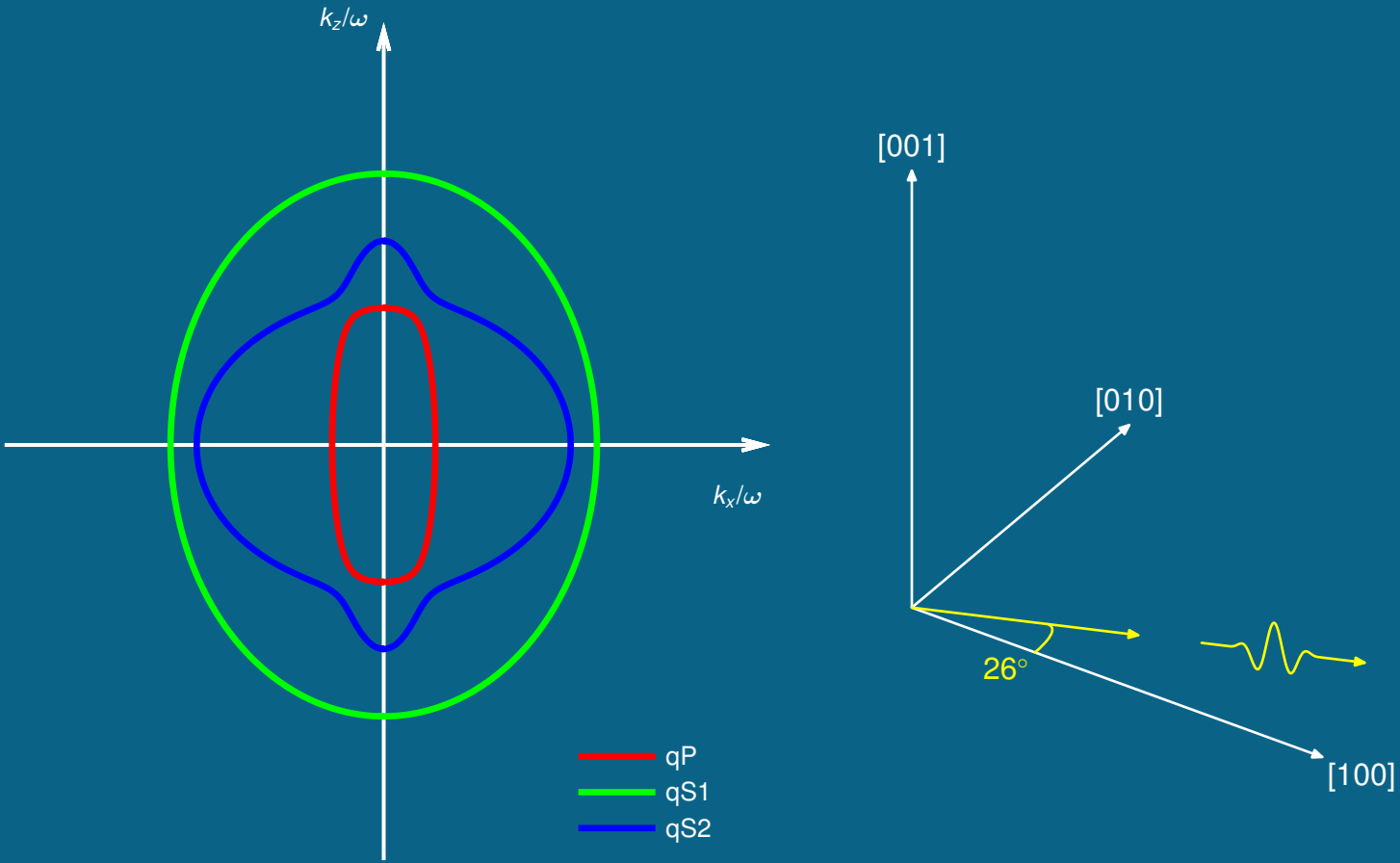
Pomalostní křivky



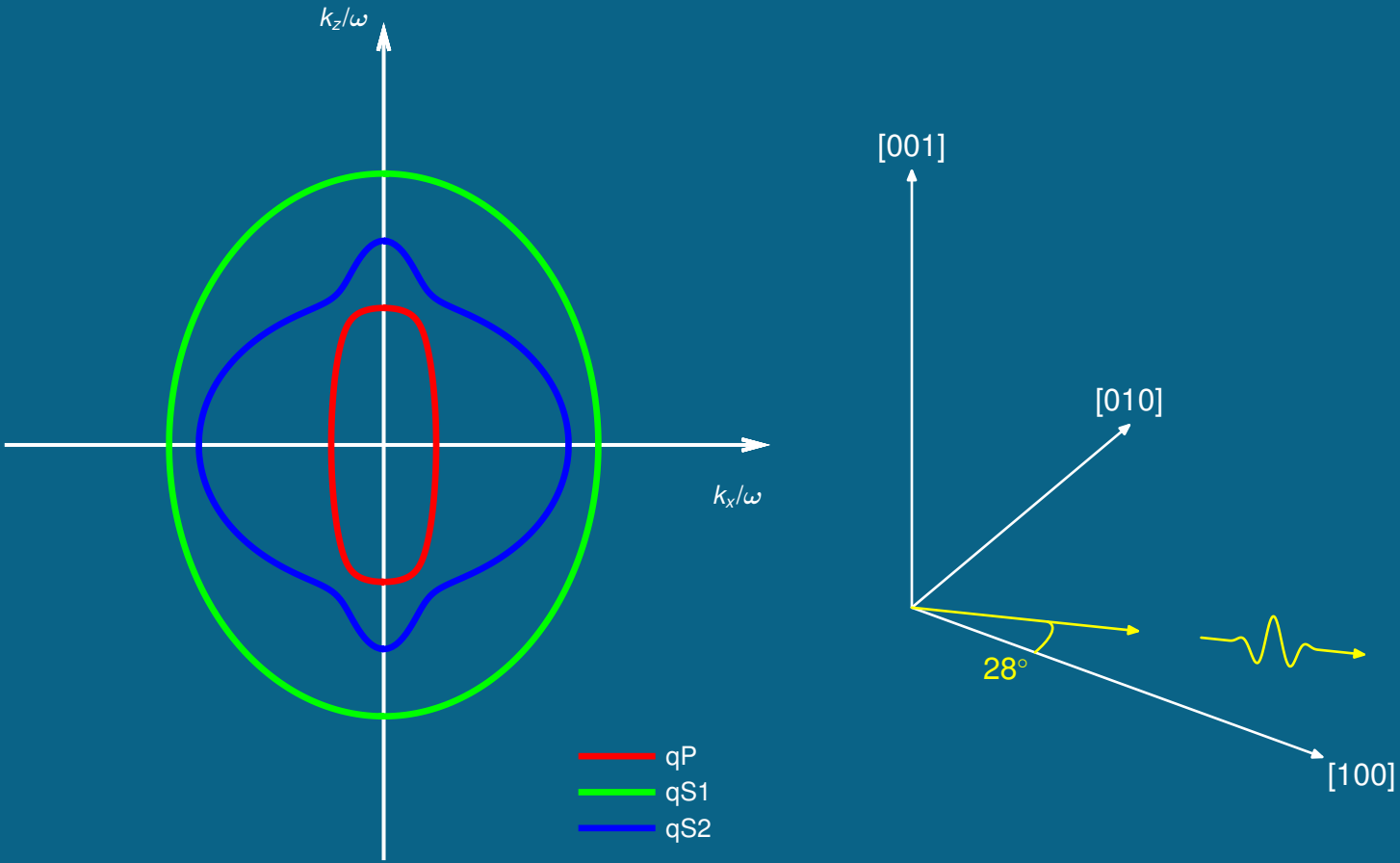
Pomalostní křivky



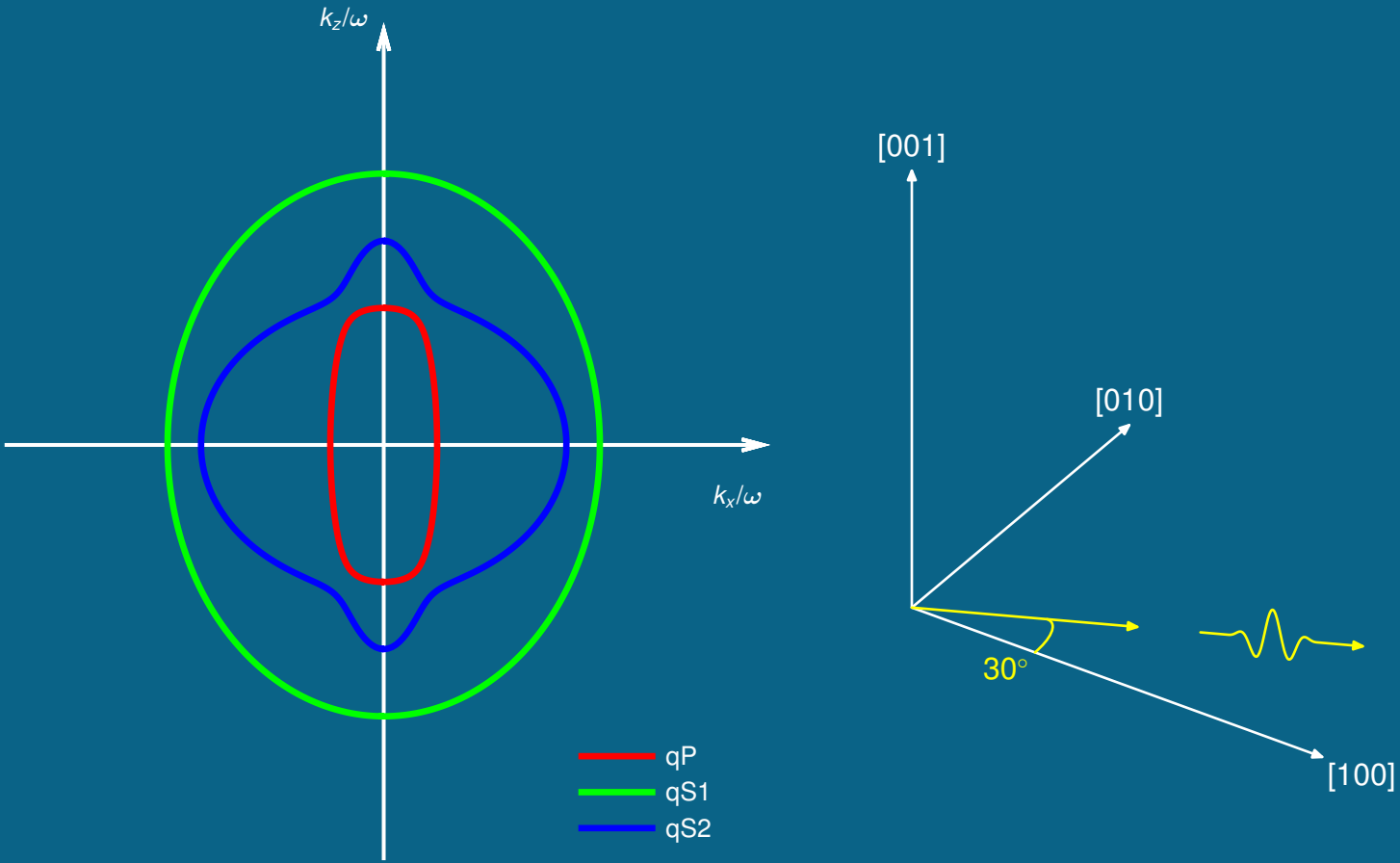
Pomalostní křivky



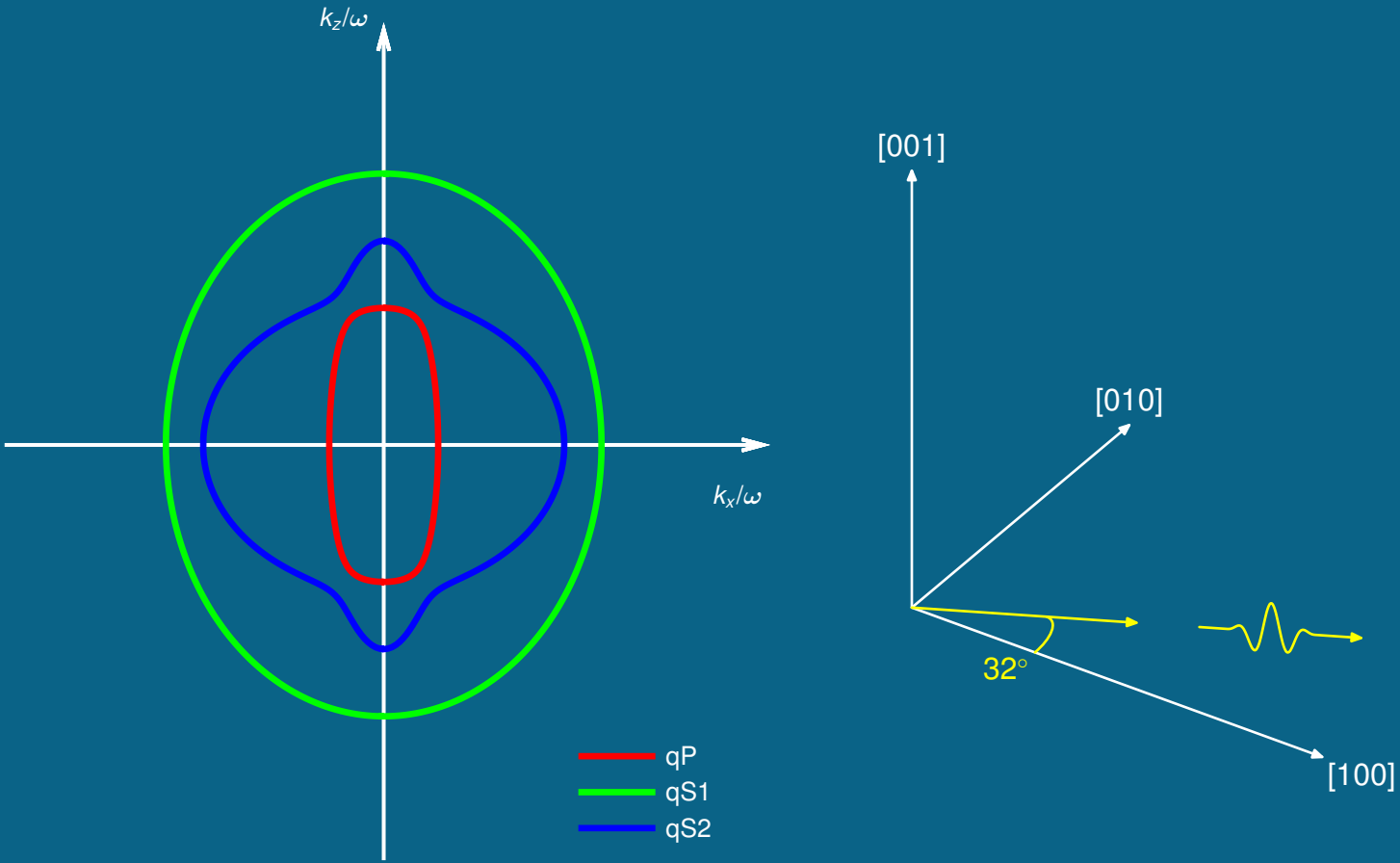
Pomalostní křivky



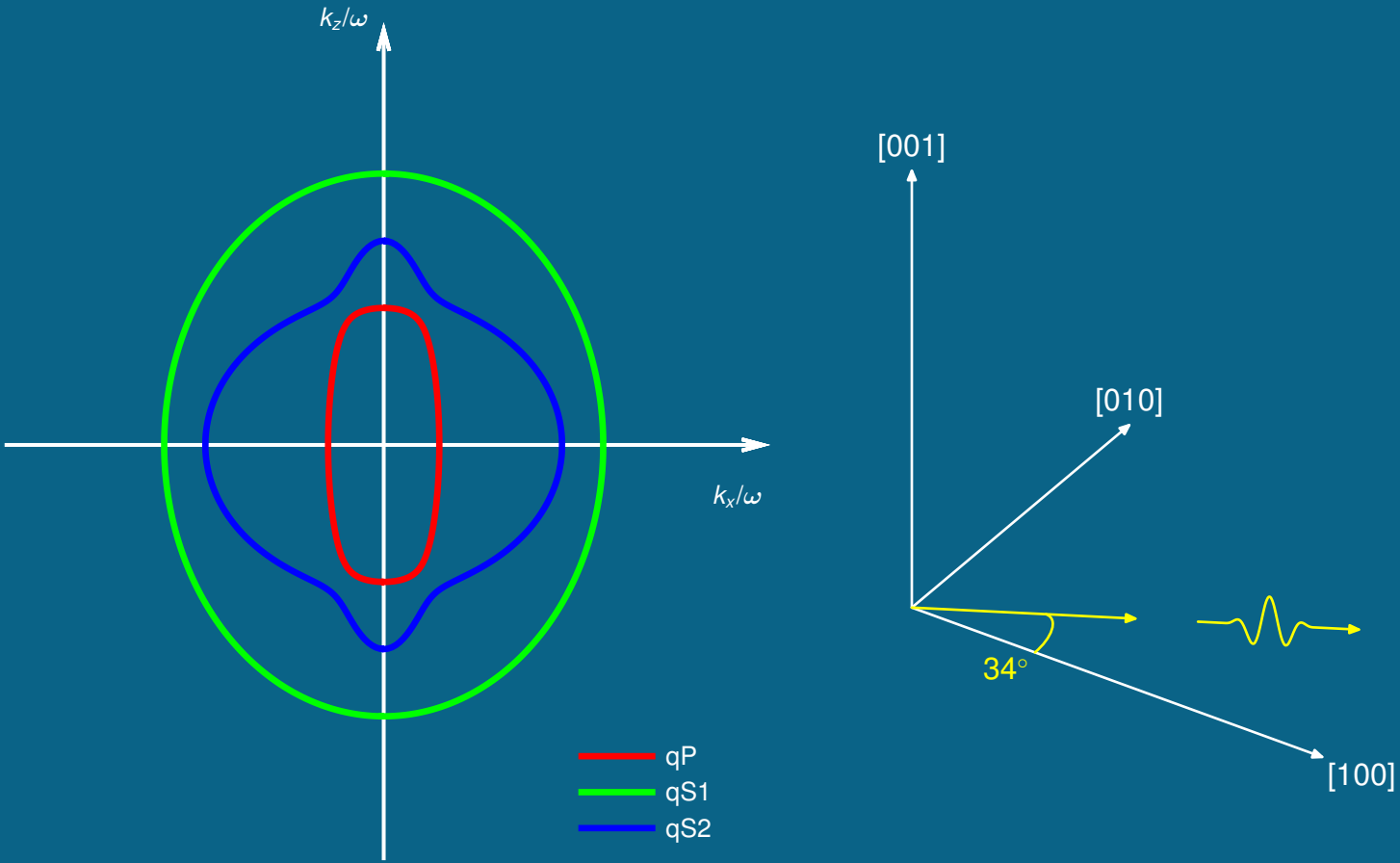
Pomalostní křivky



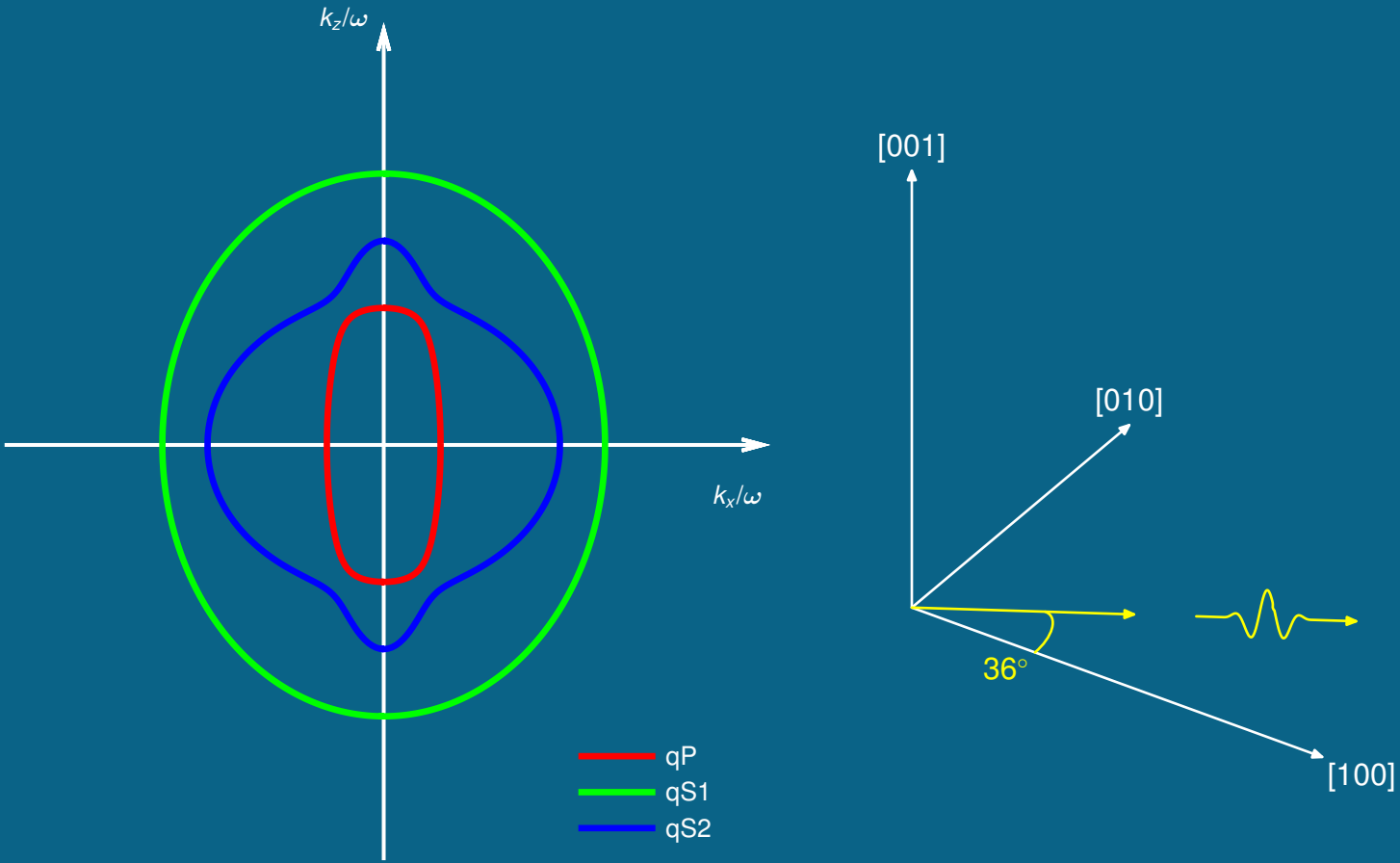
Pomalostní křivky



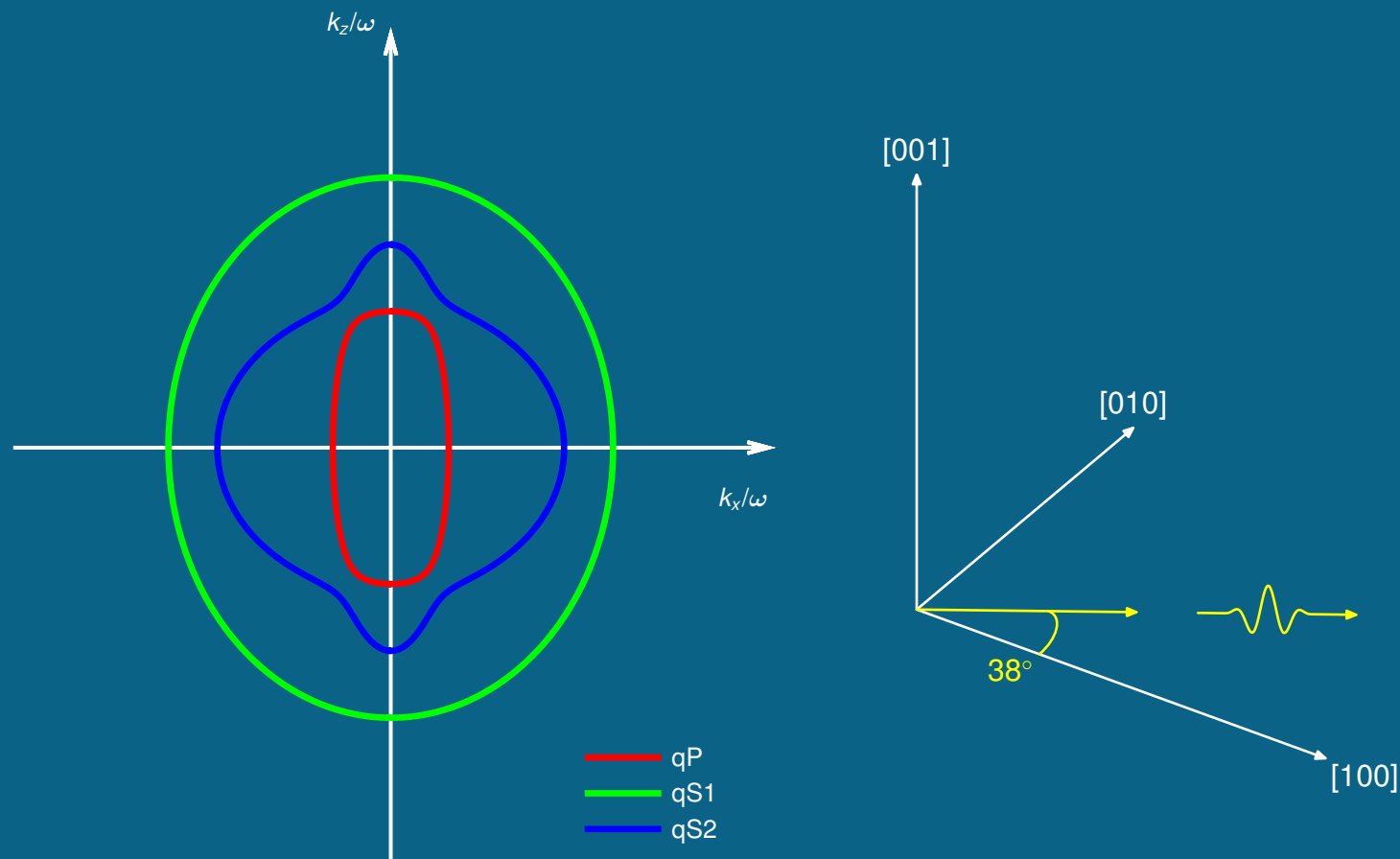
Pomalostní křivky



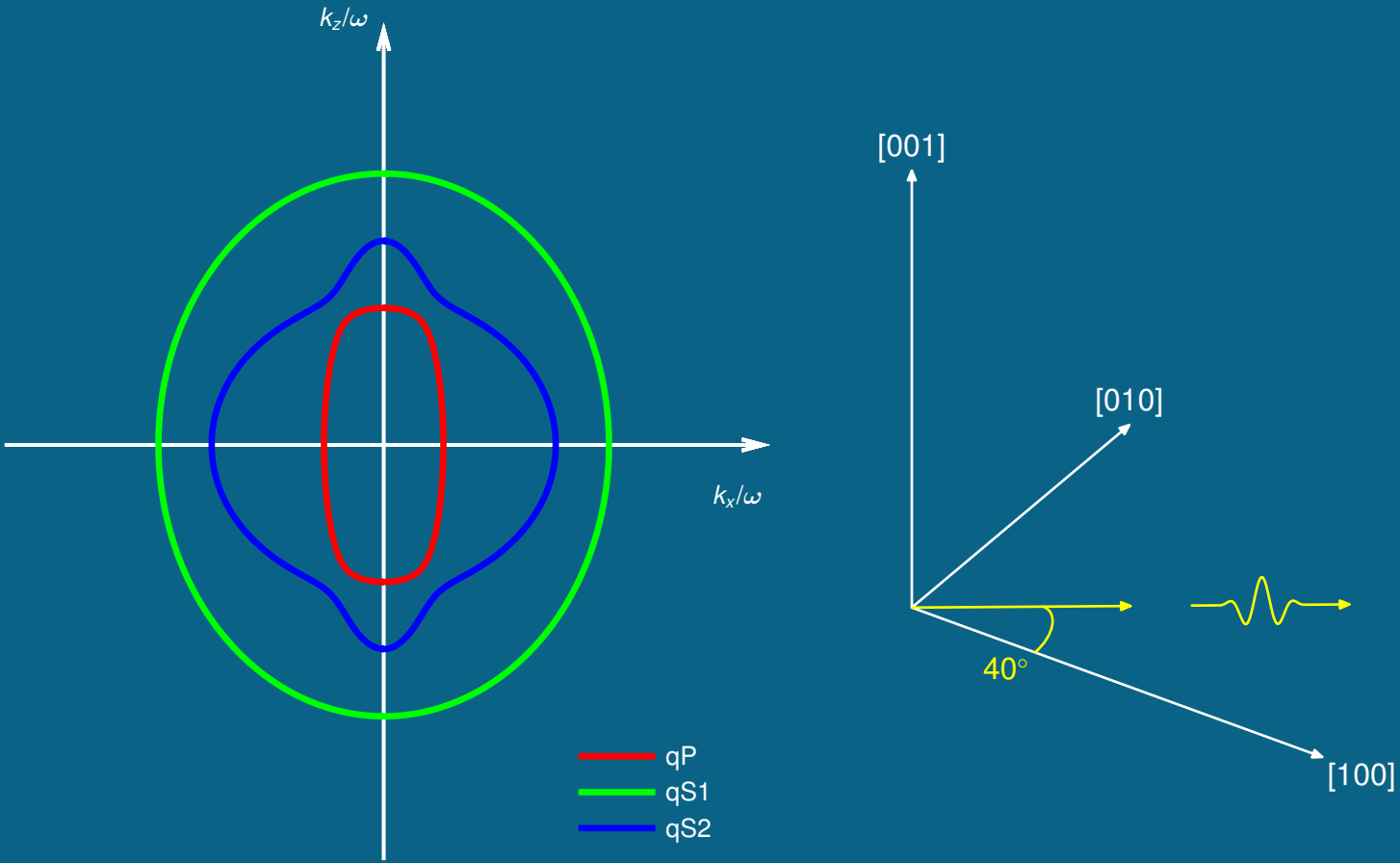
Pomalostní křivky



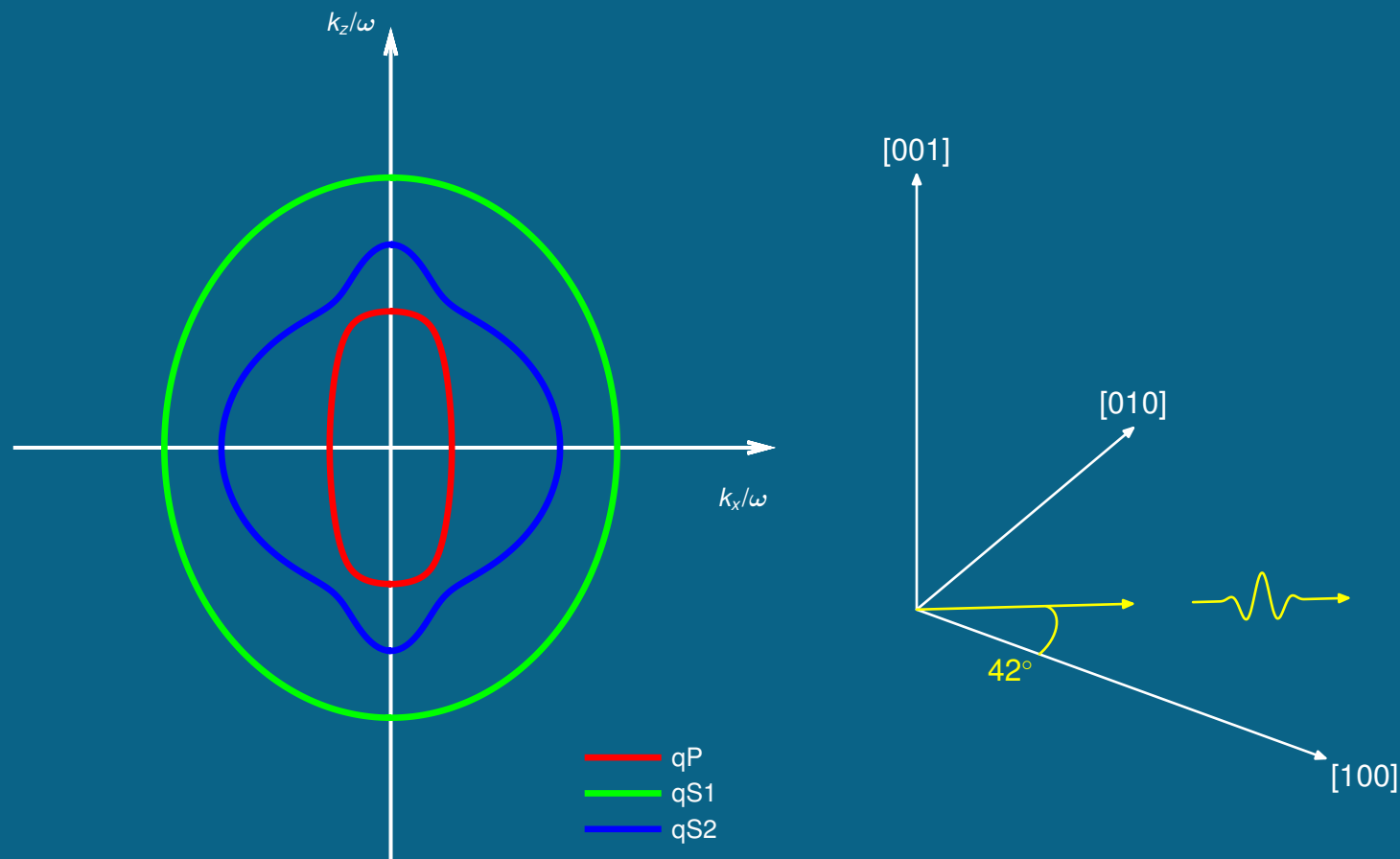
Pomalostní křivky



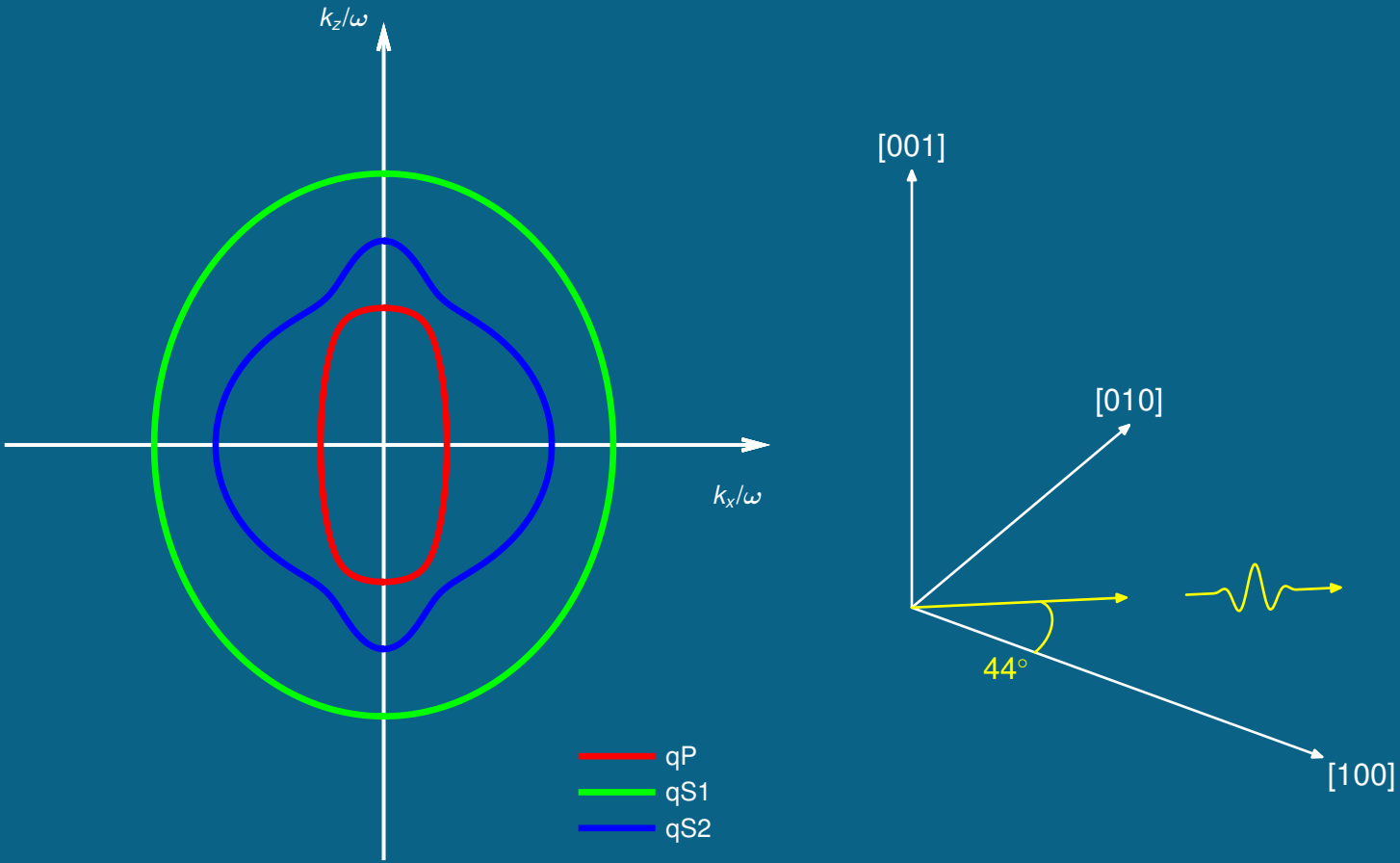
Pomalostní křivky



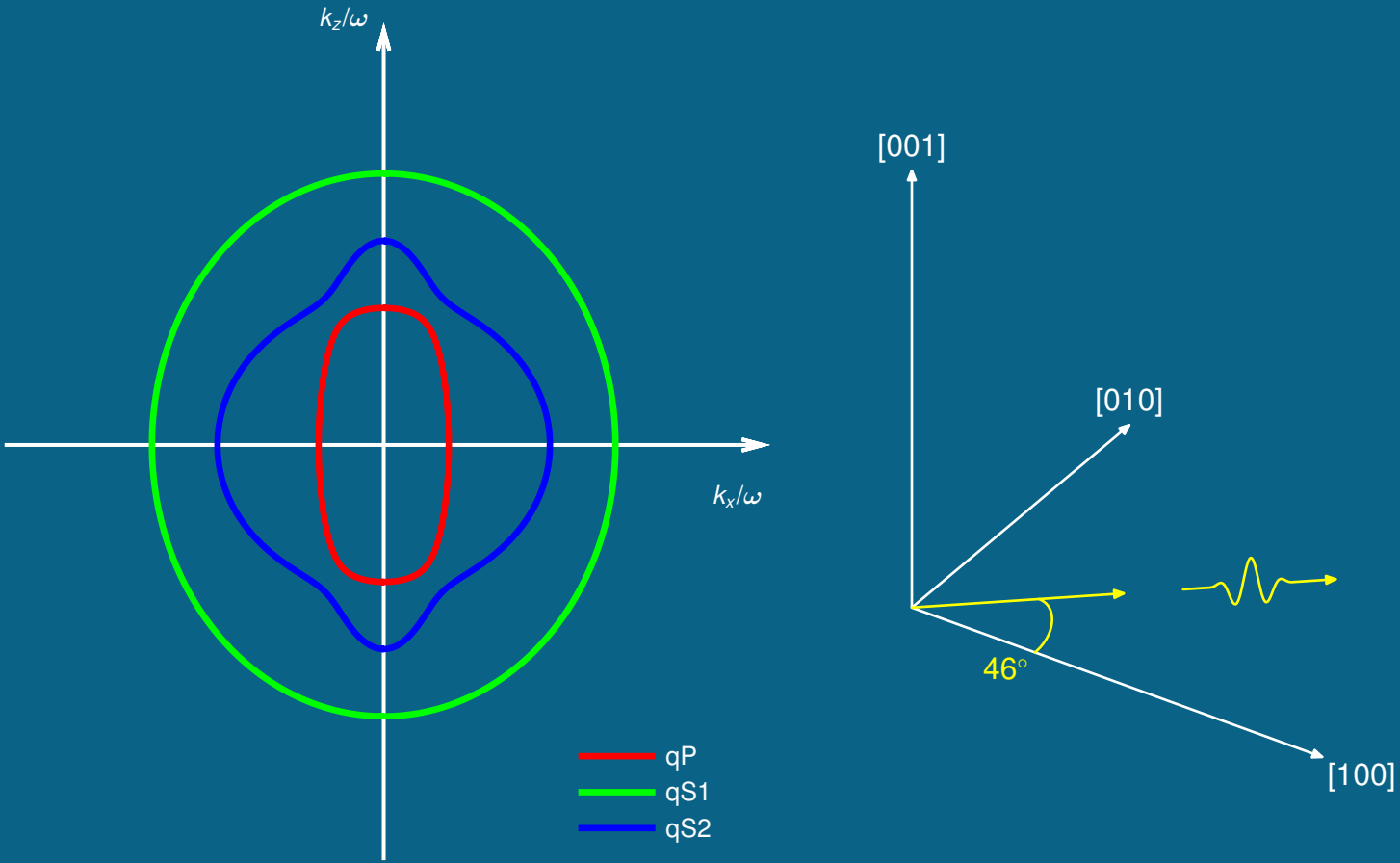
Pomalostní křivky



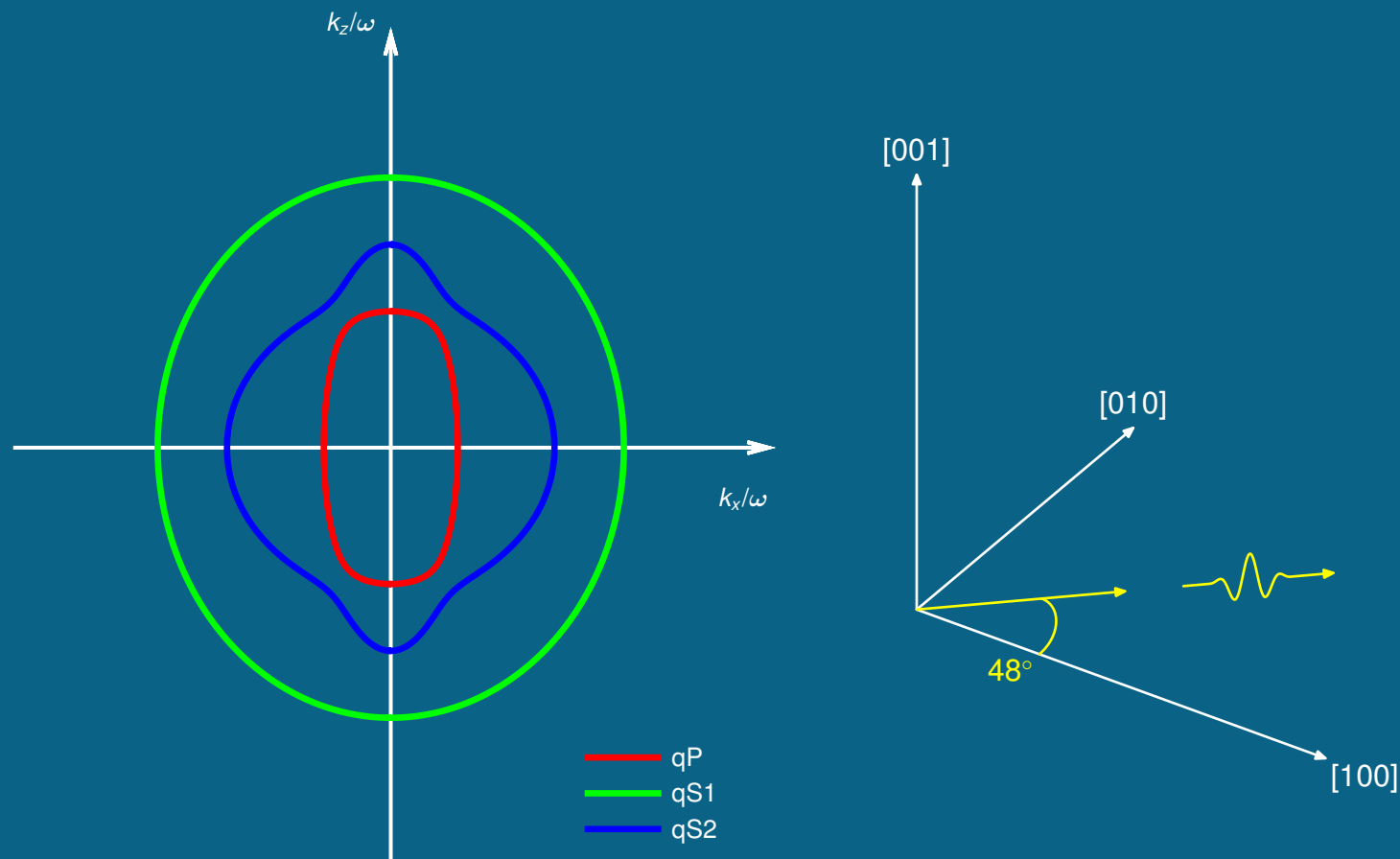
Pomalostní křivky



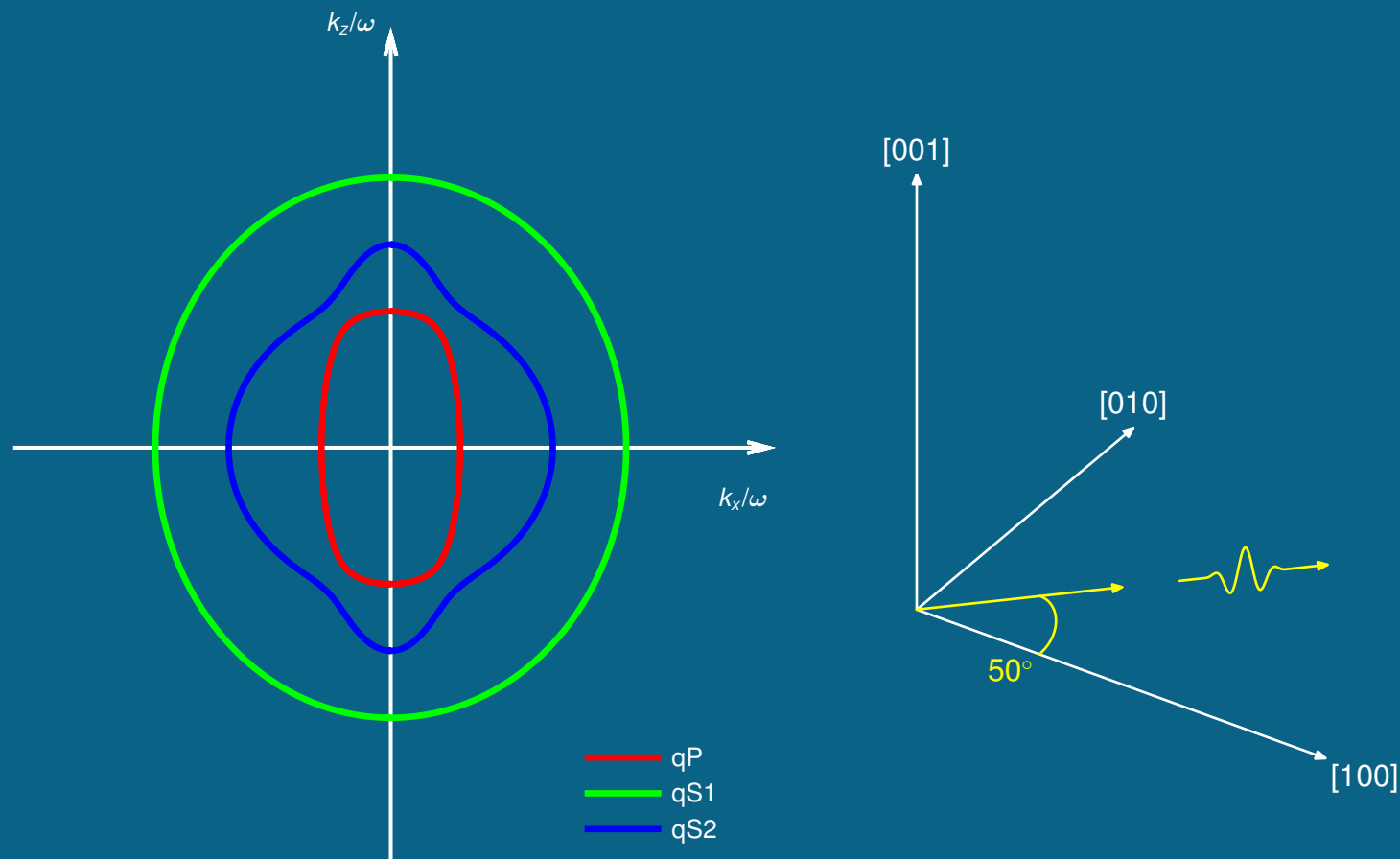
Pomalostní křivky



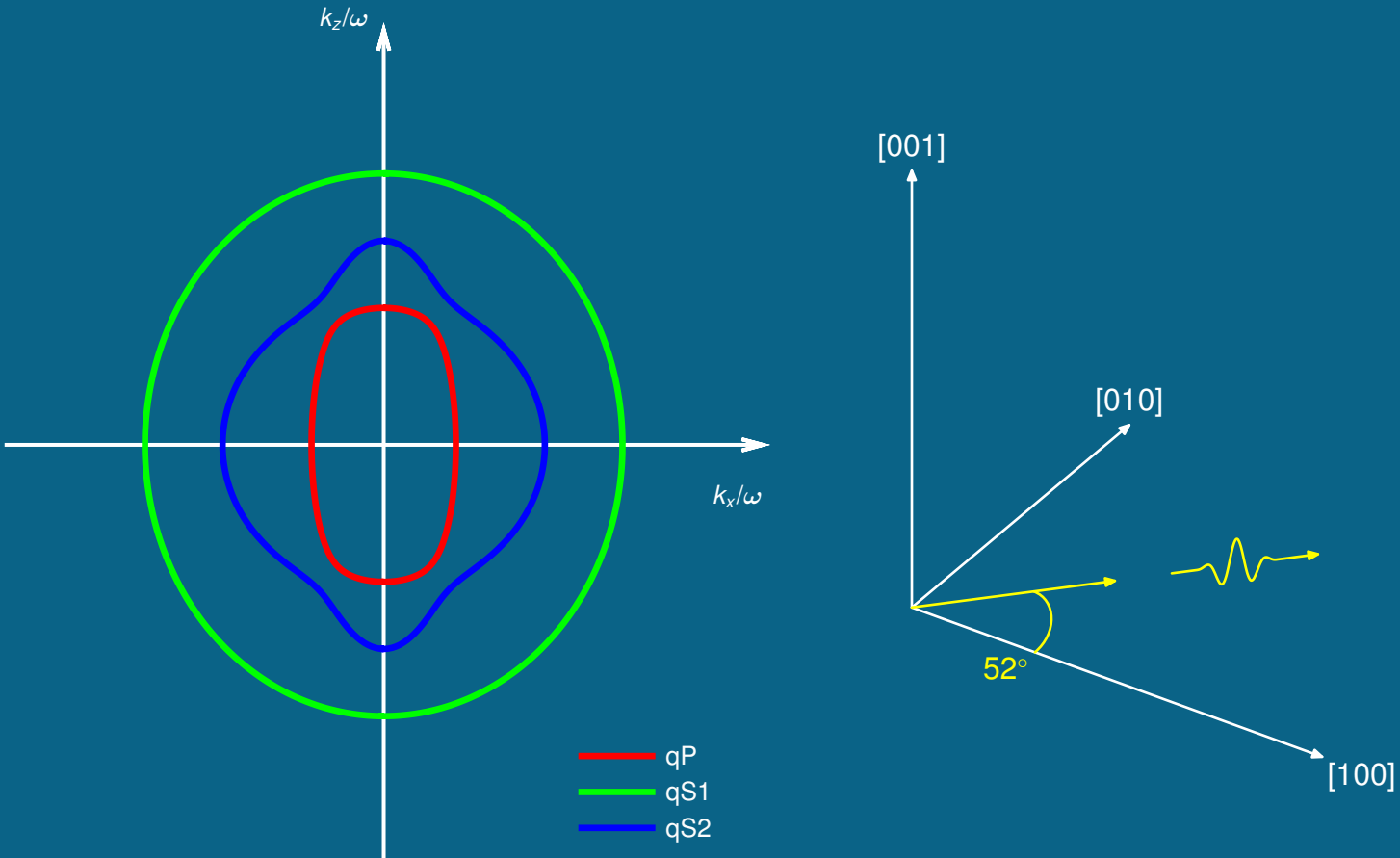
Pomalostní křivky



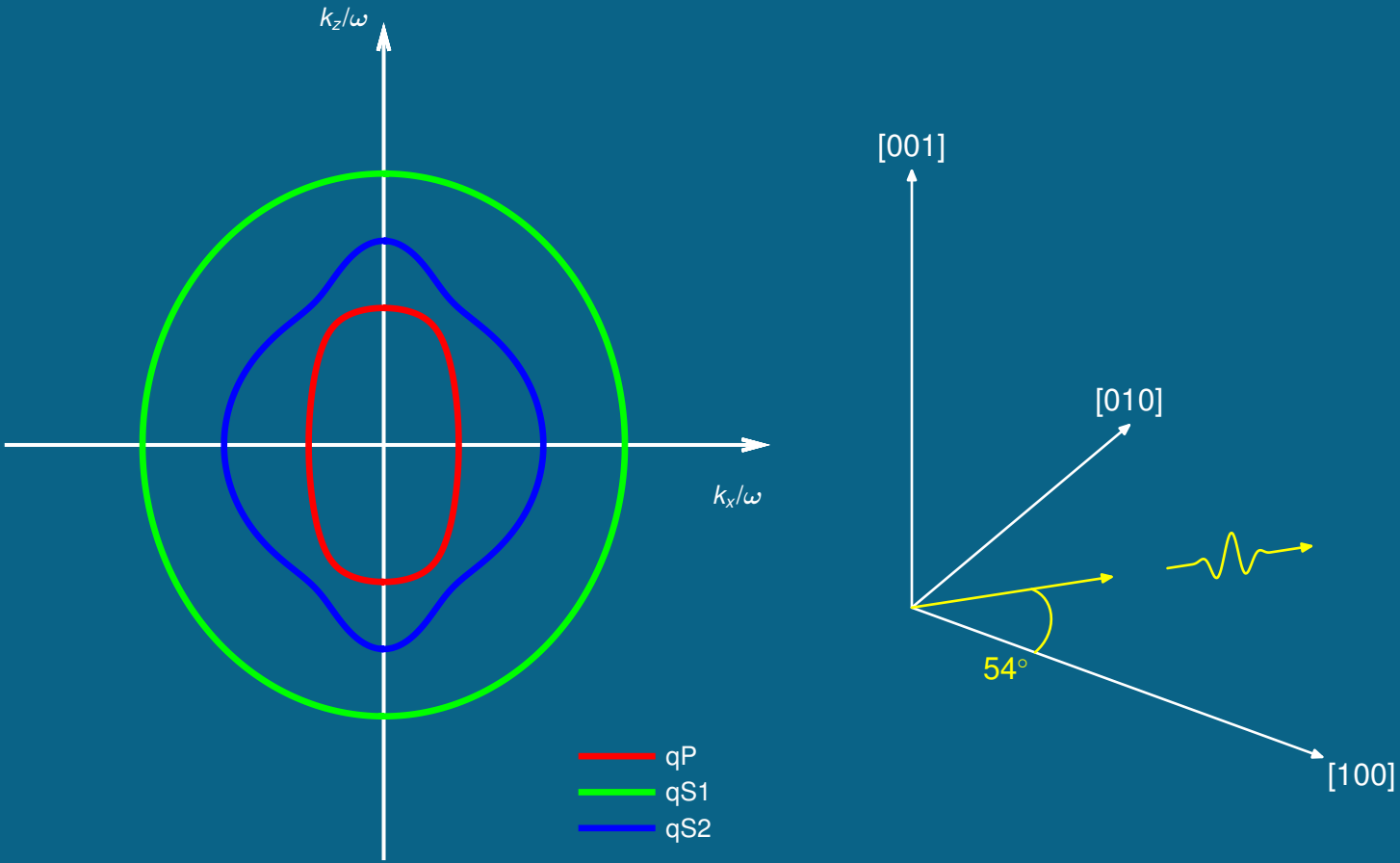
Pomalostní křivky



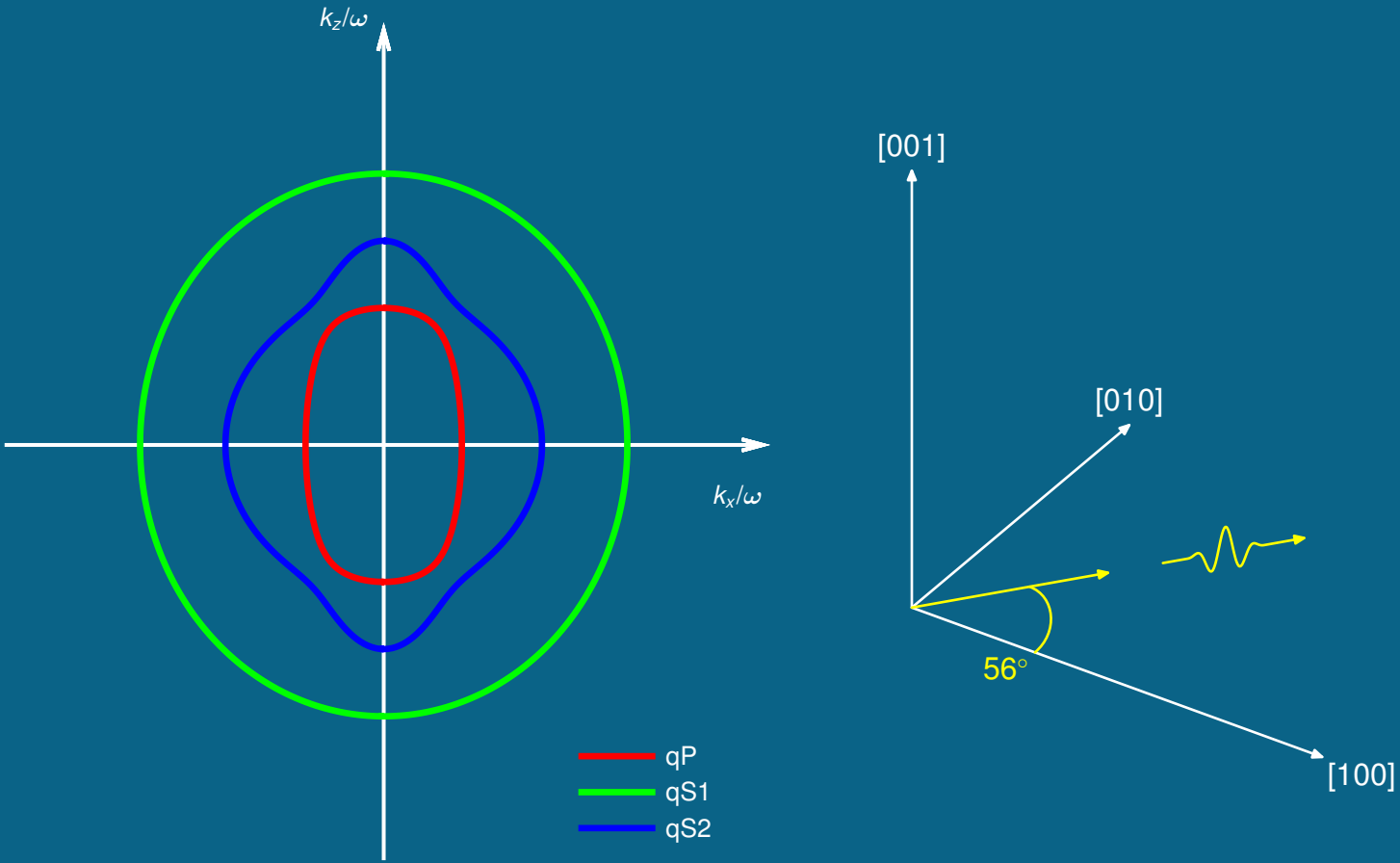
Pomalostní křivky



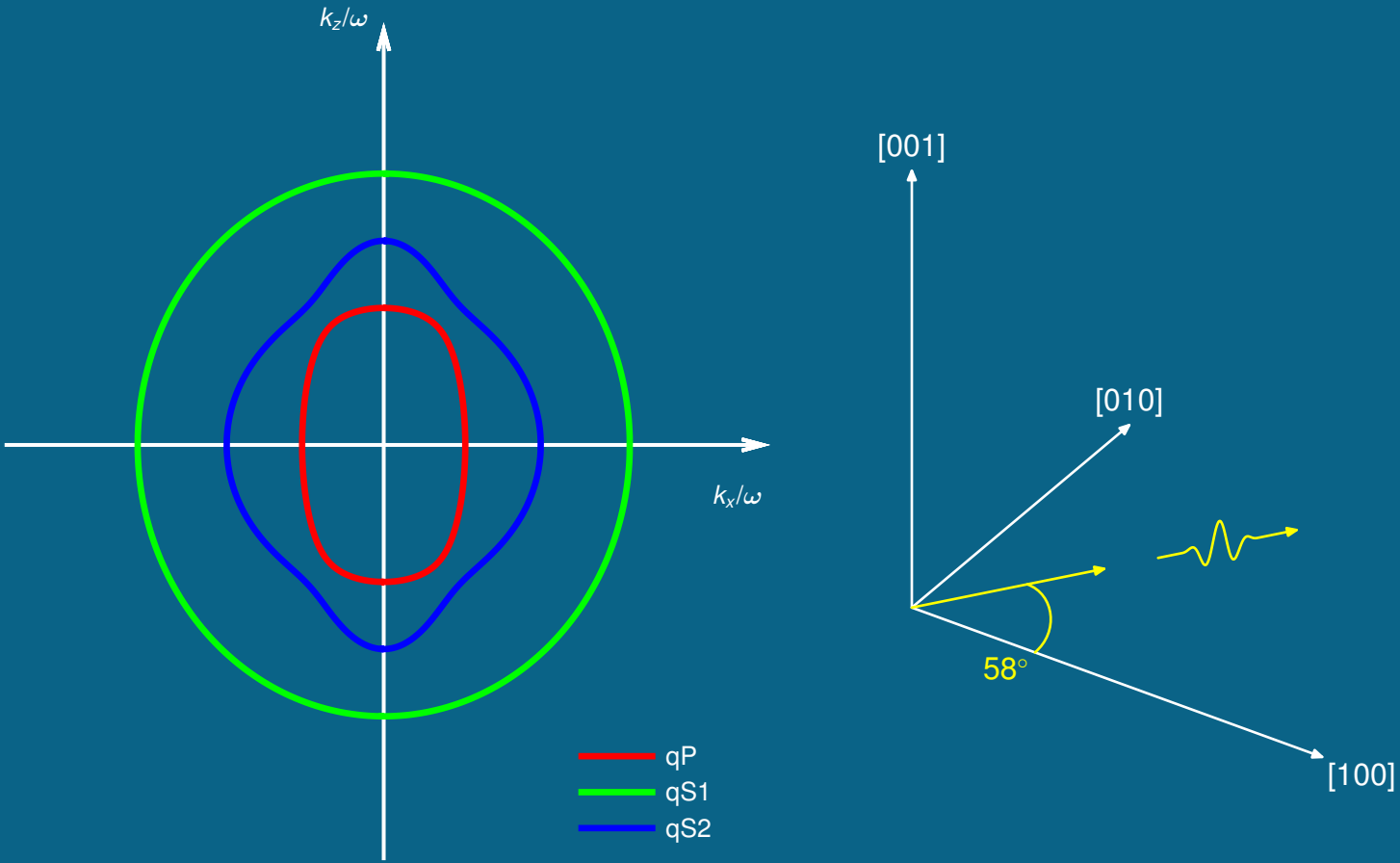
Pomalostní křivky



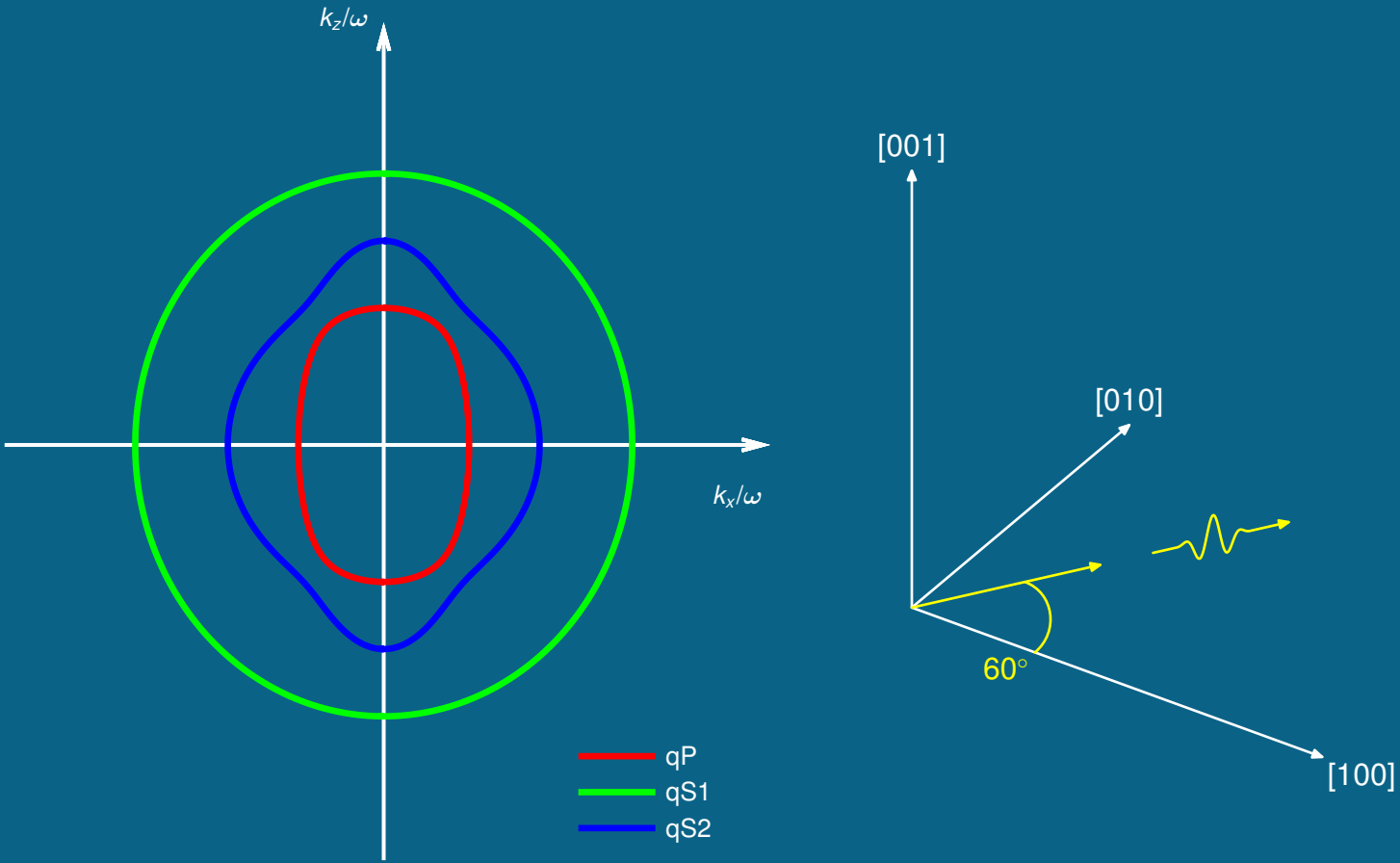
Pomalostní křivky



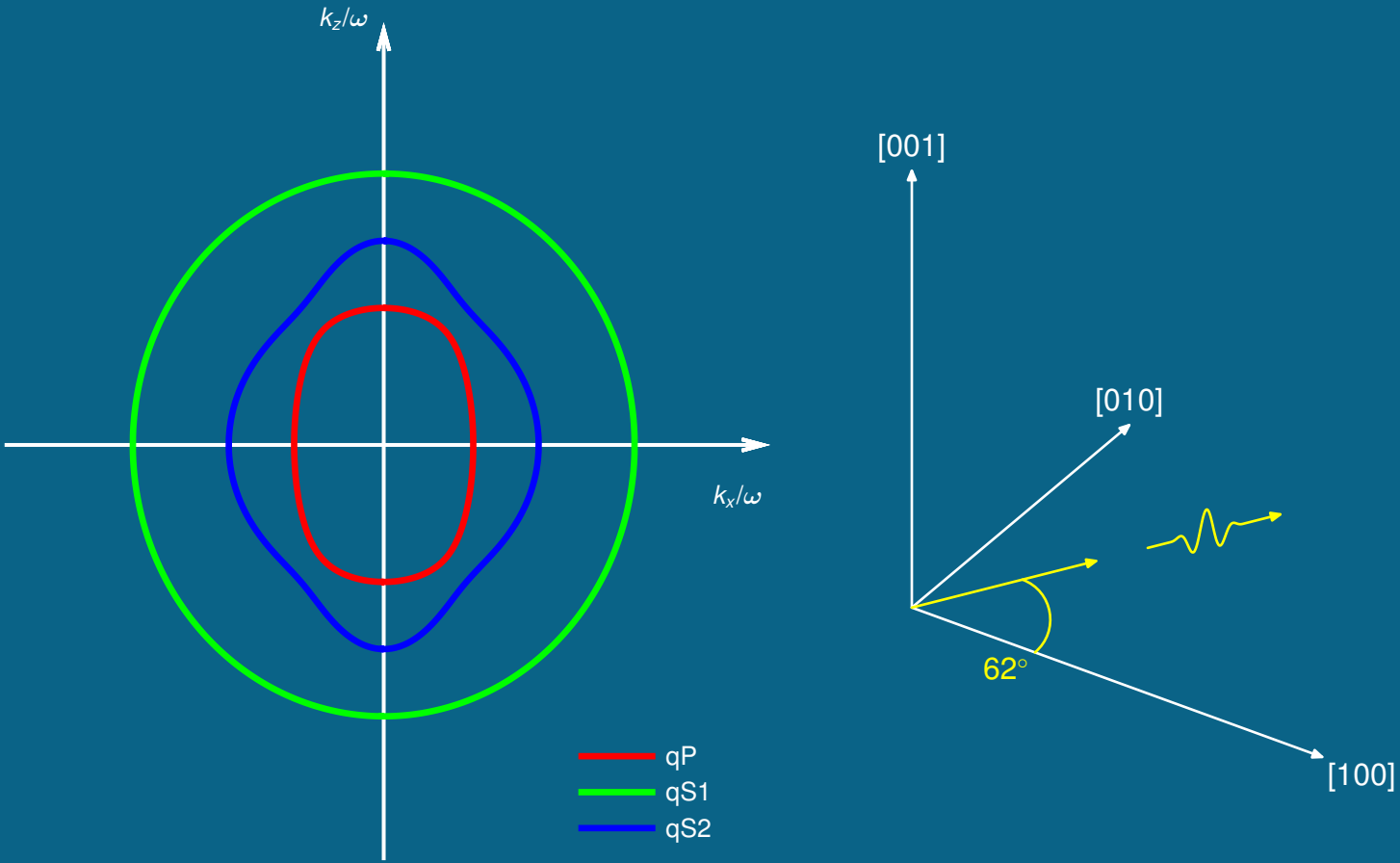
Pomalostní křivky



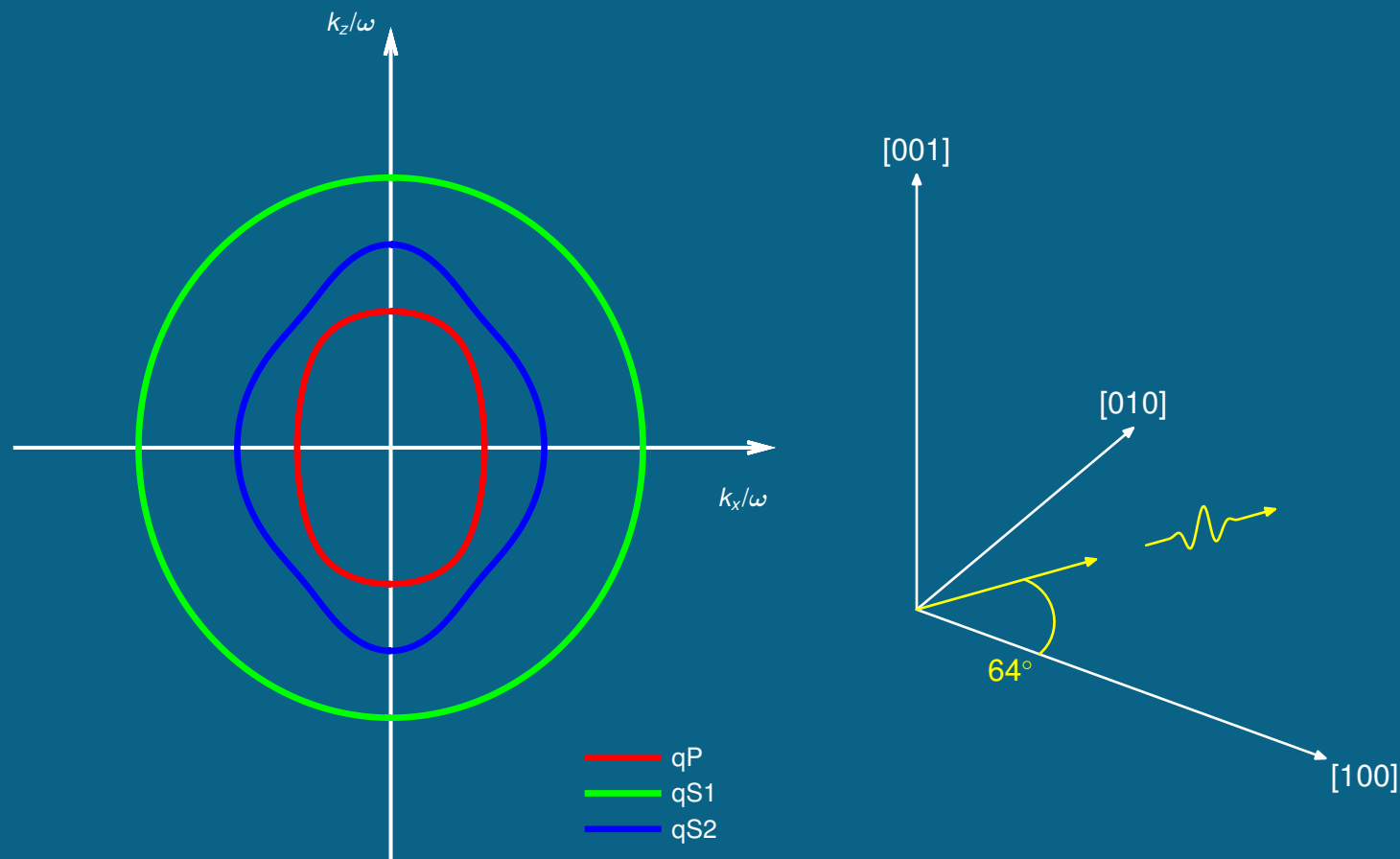
Pomalostní křivky



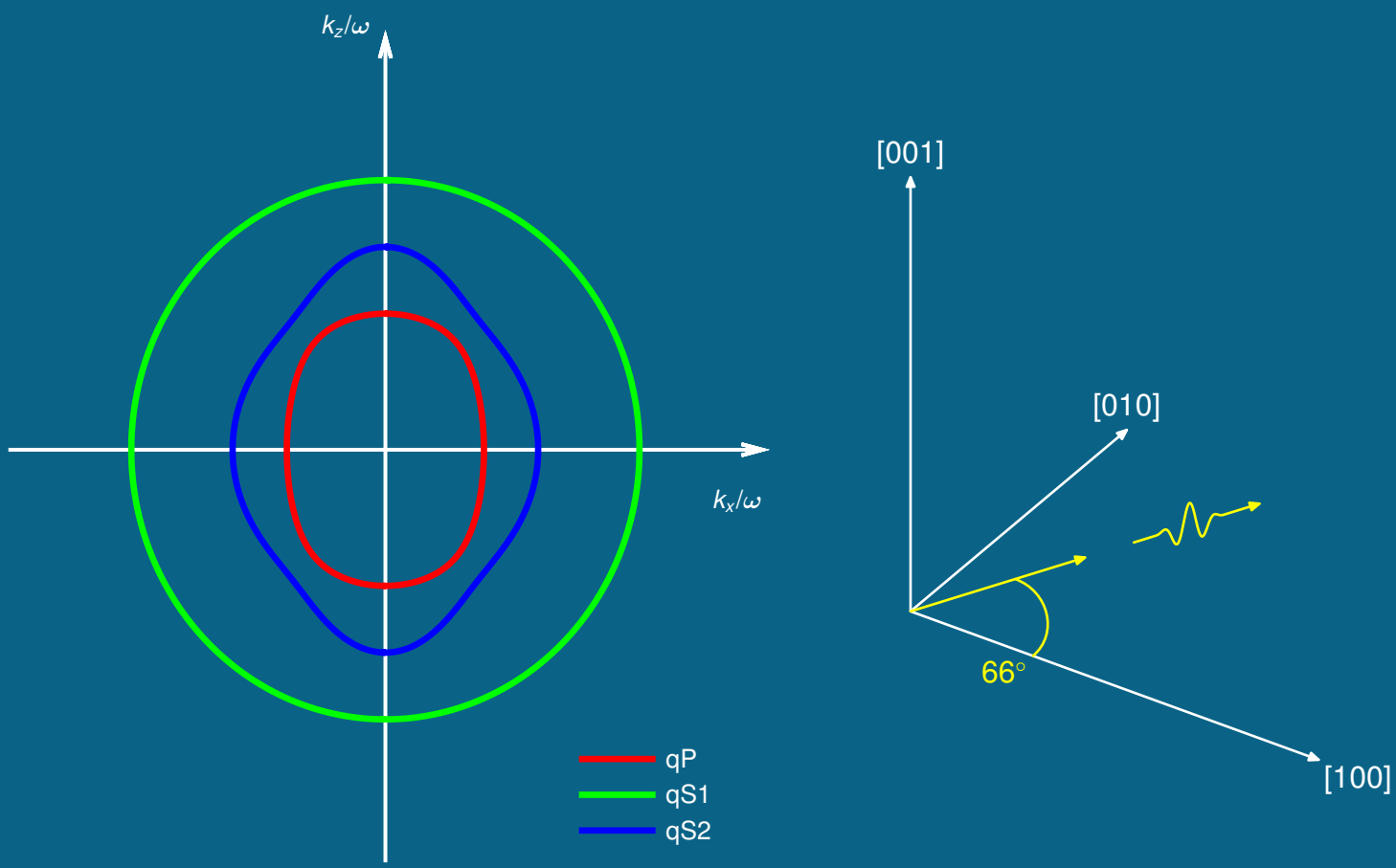
Pomalostní křivky



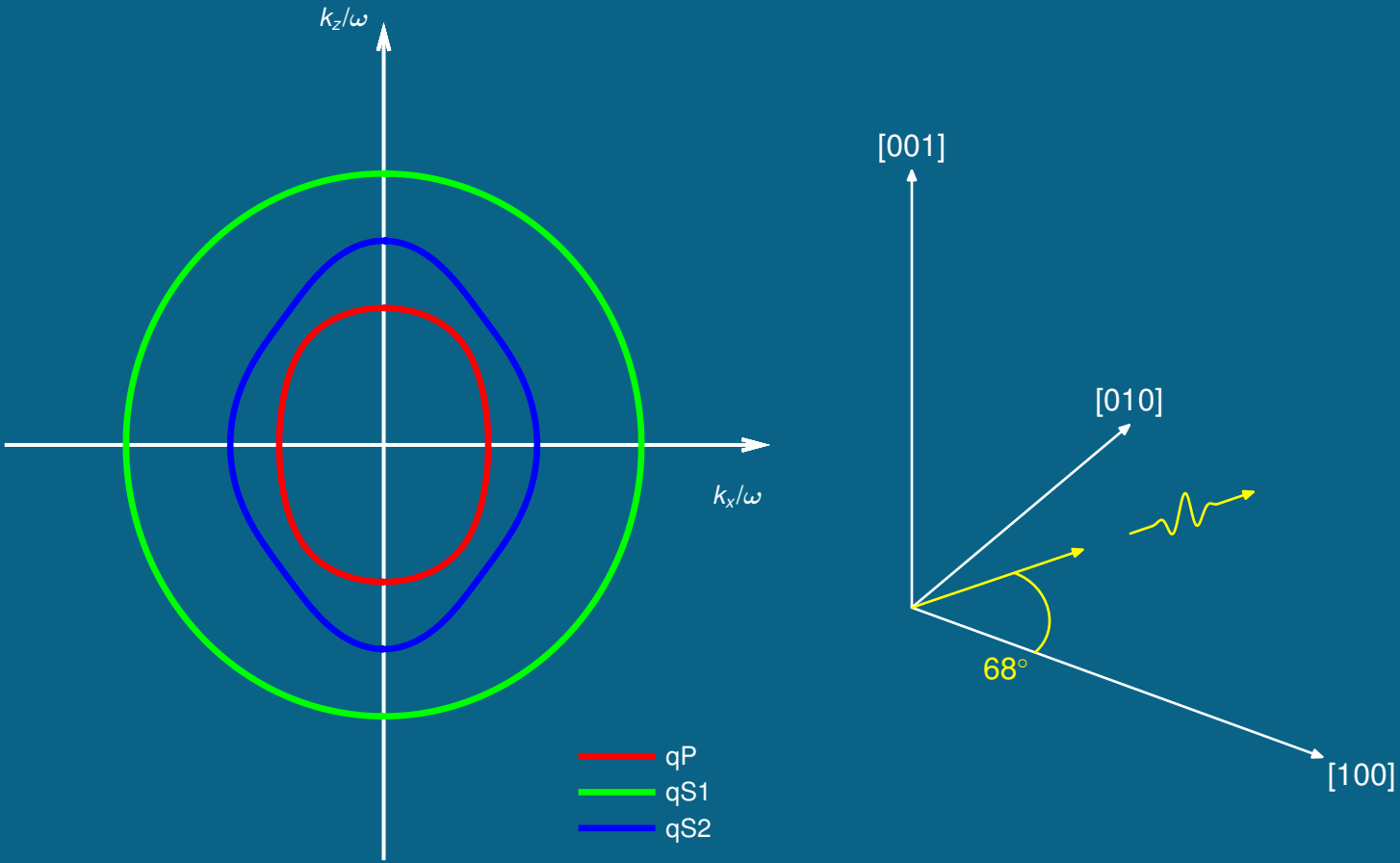
Pomalostní křivky



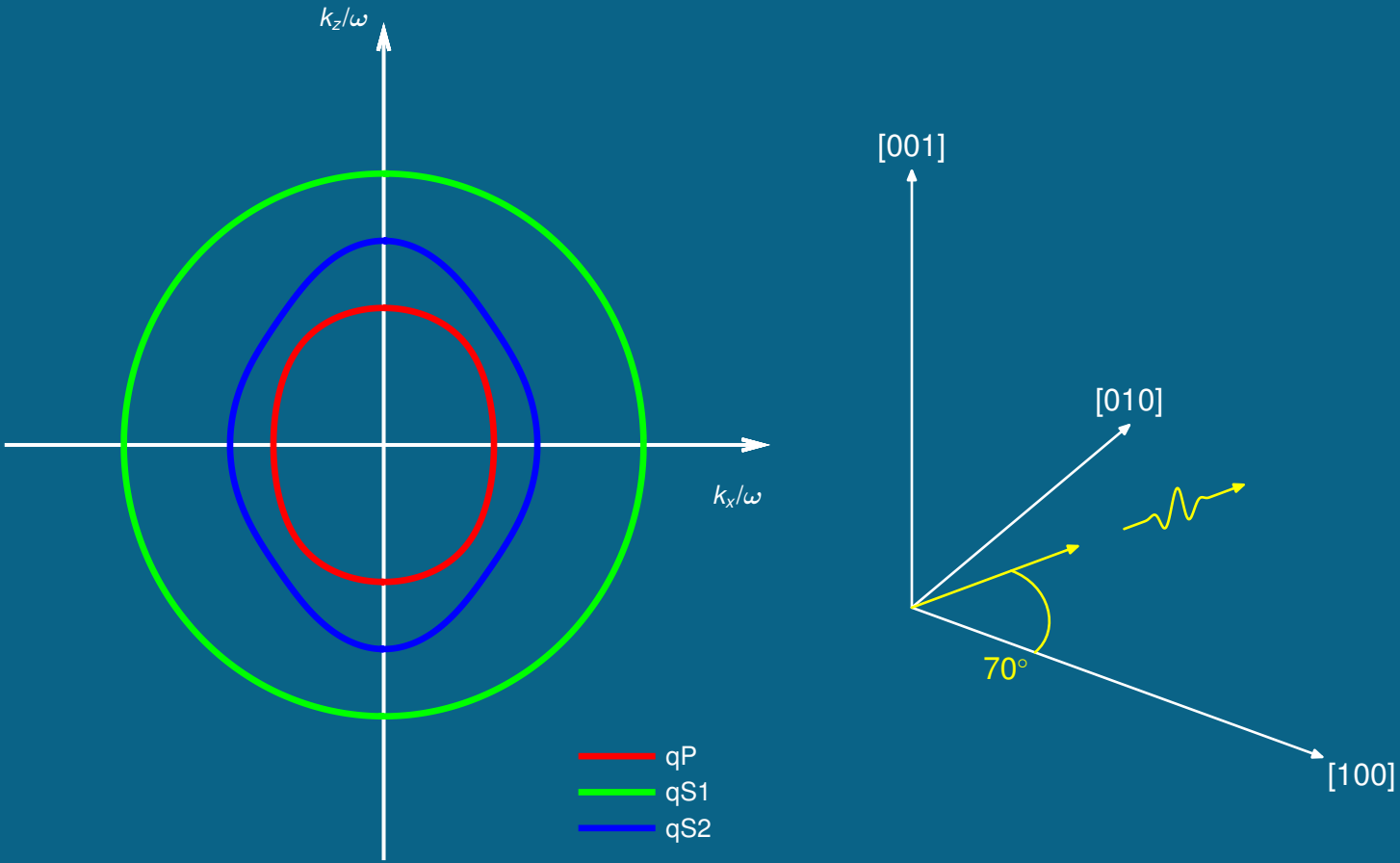
Pomalostní křivky



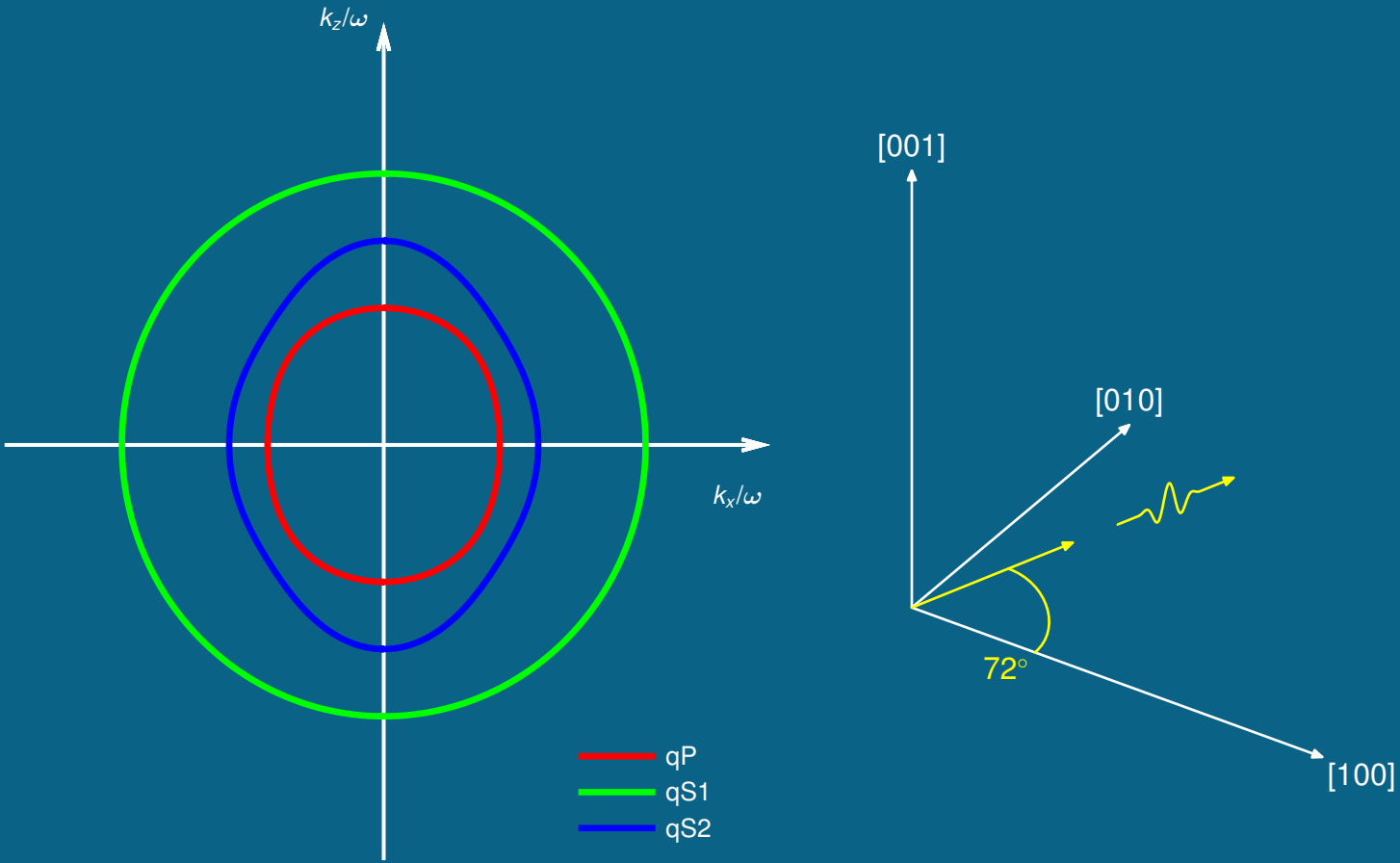
Pomalostní křivky



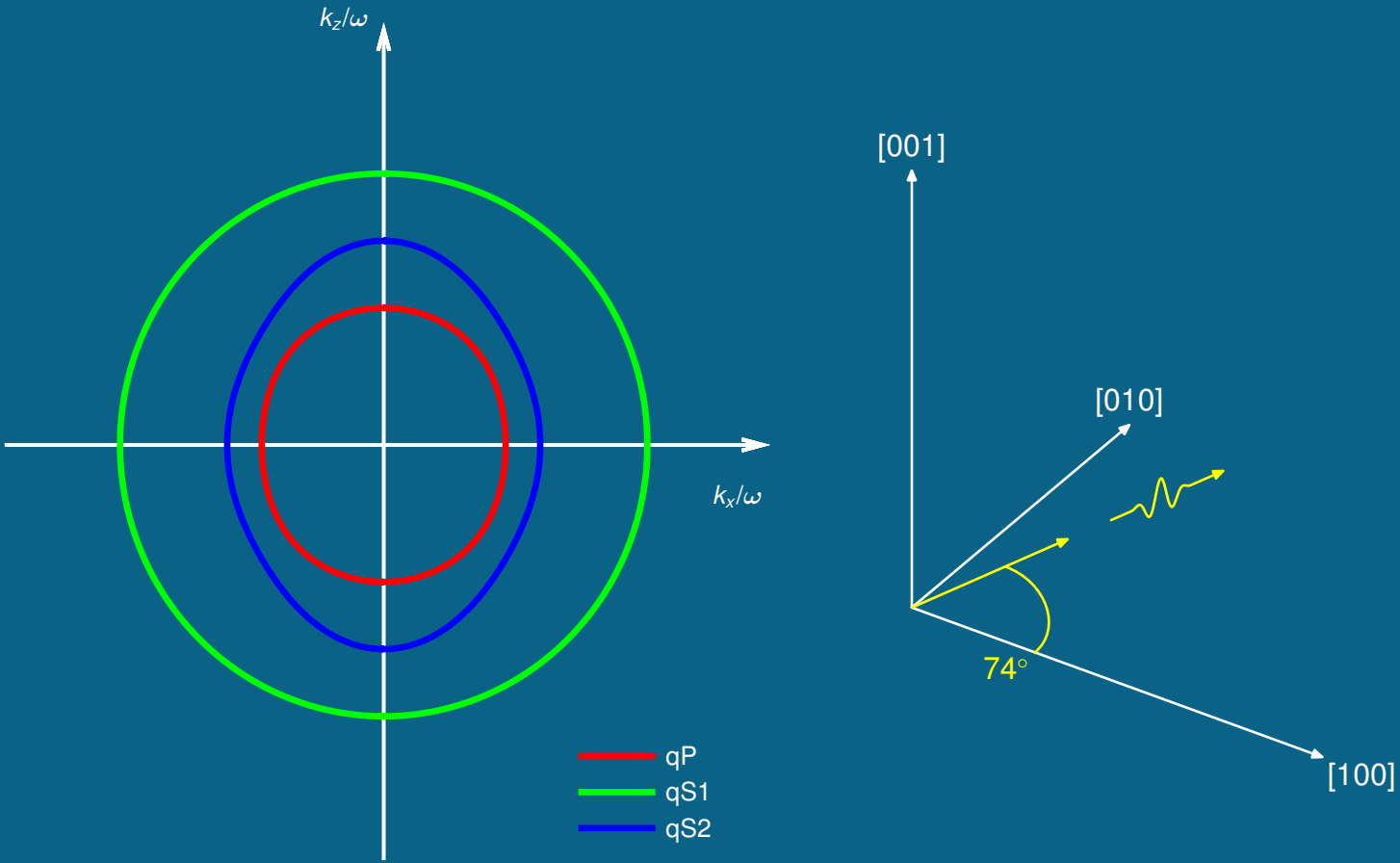
Pomalostní křivky



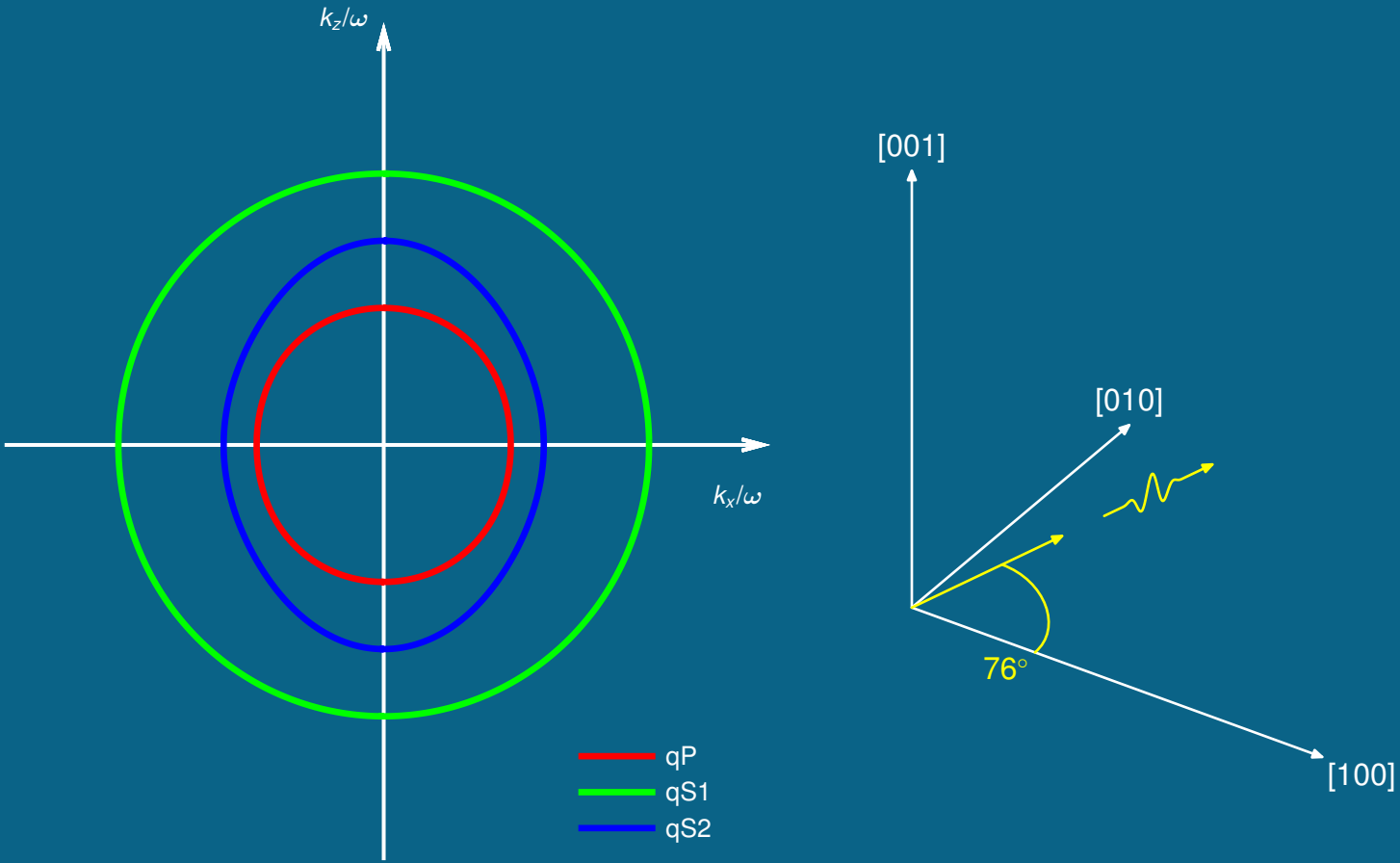
Pomalostní křivky



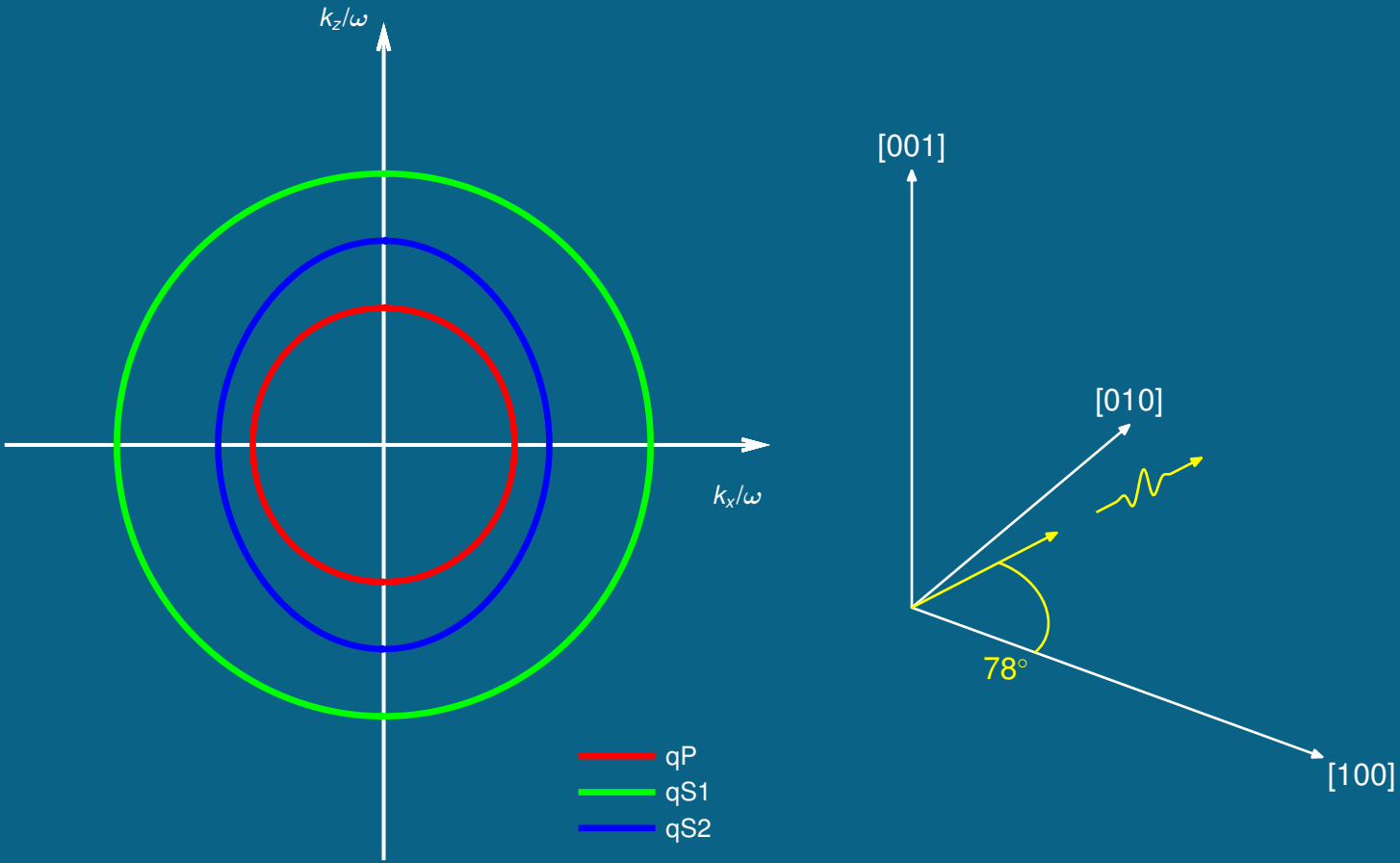
Pomalostní křivky



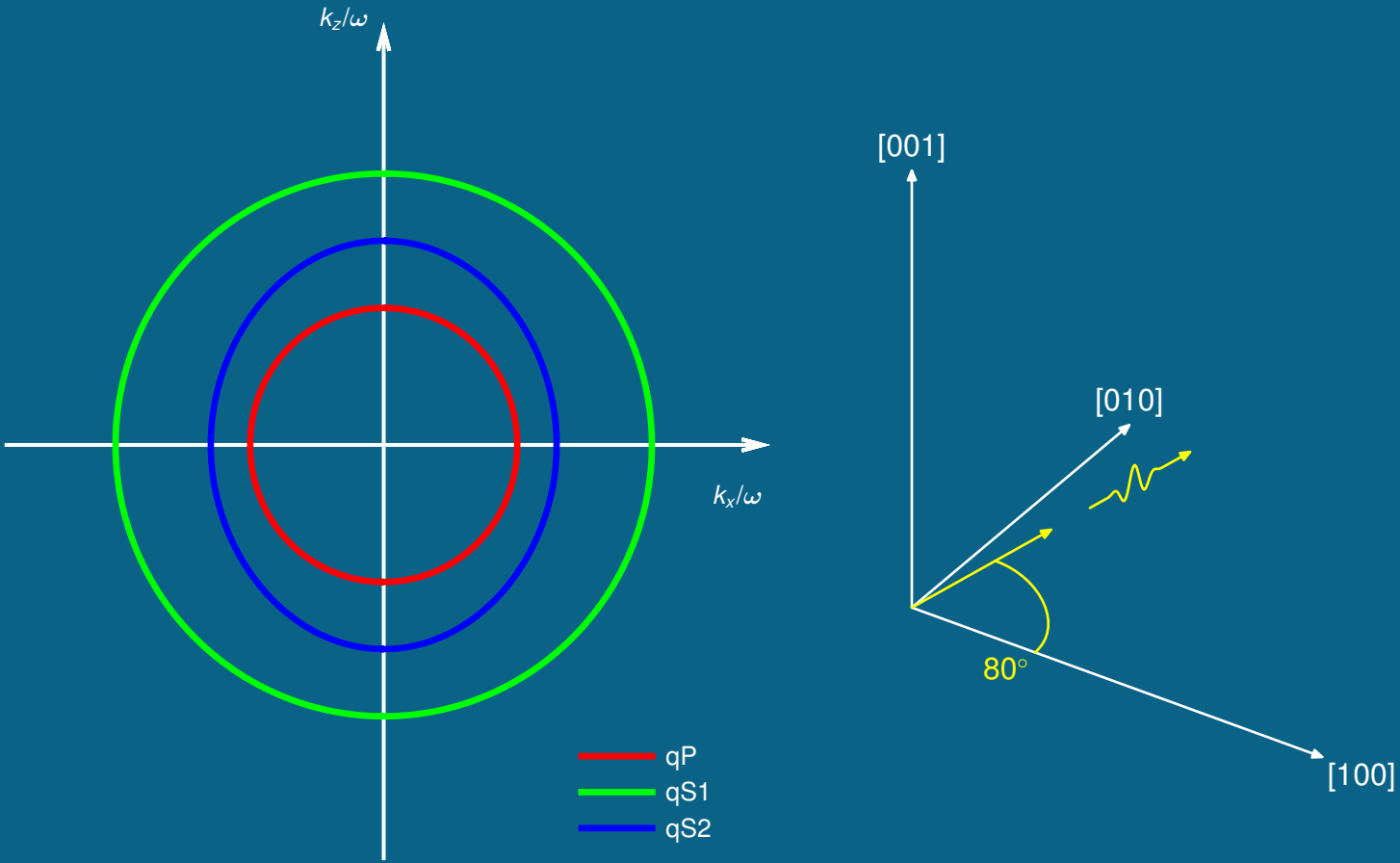
Pomalostní křivky



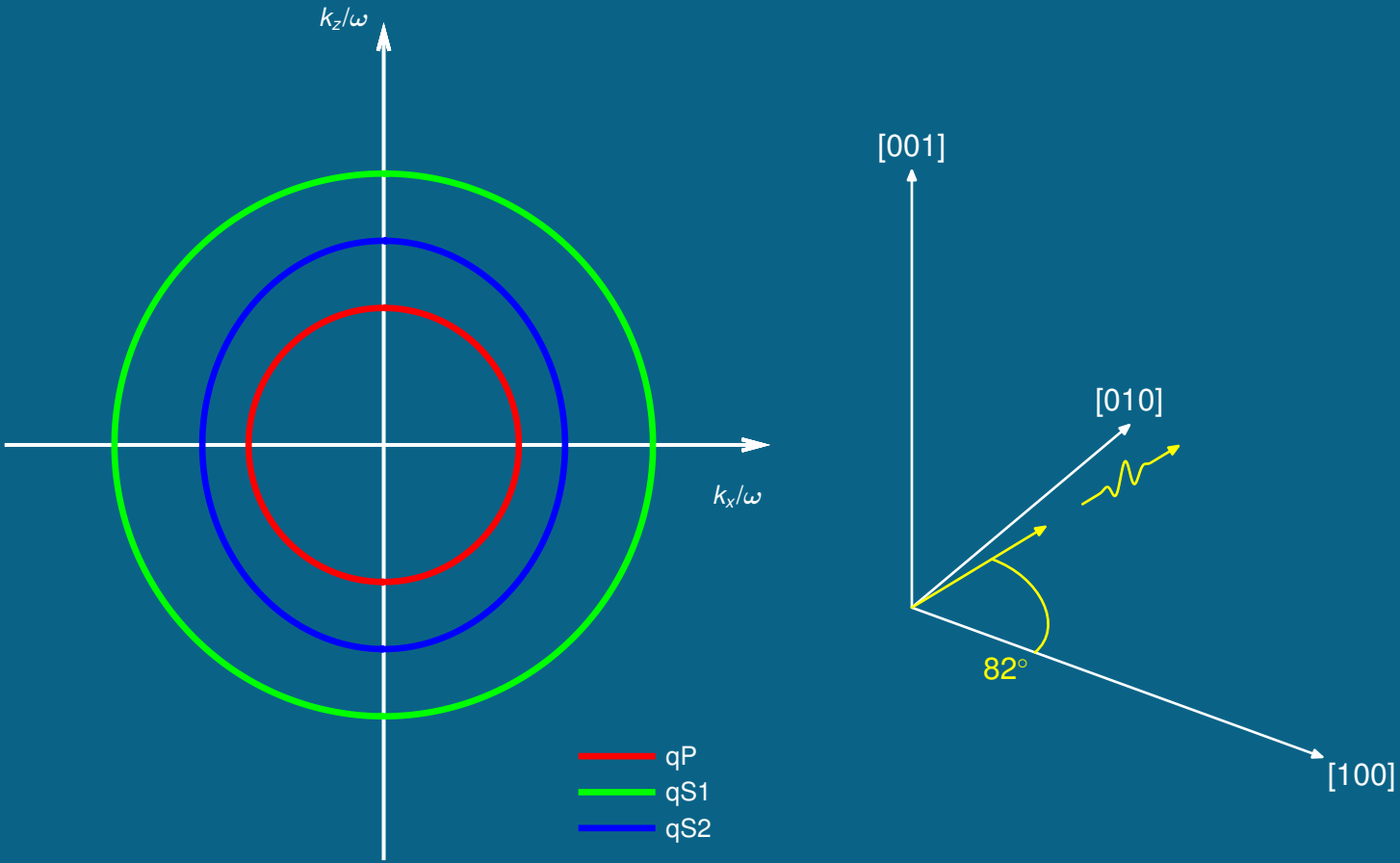
Pomalostní křivky



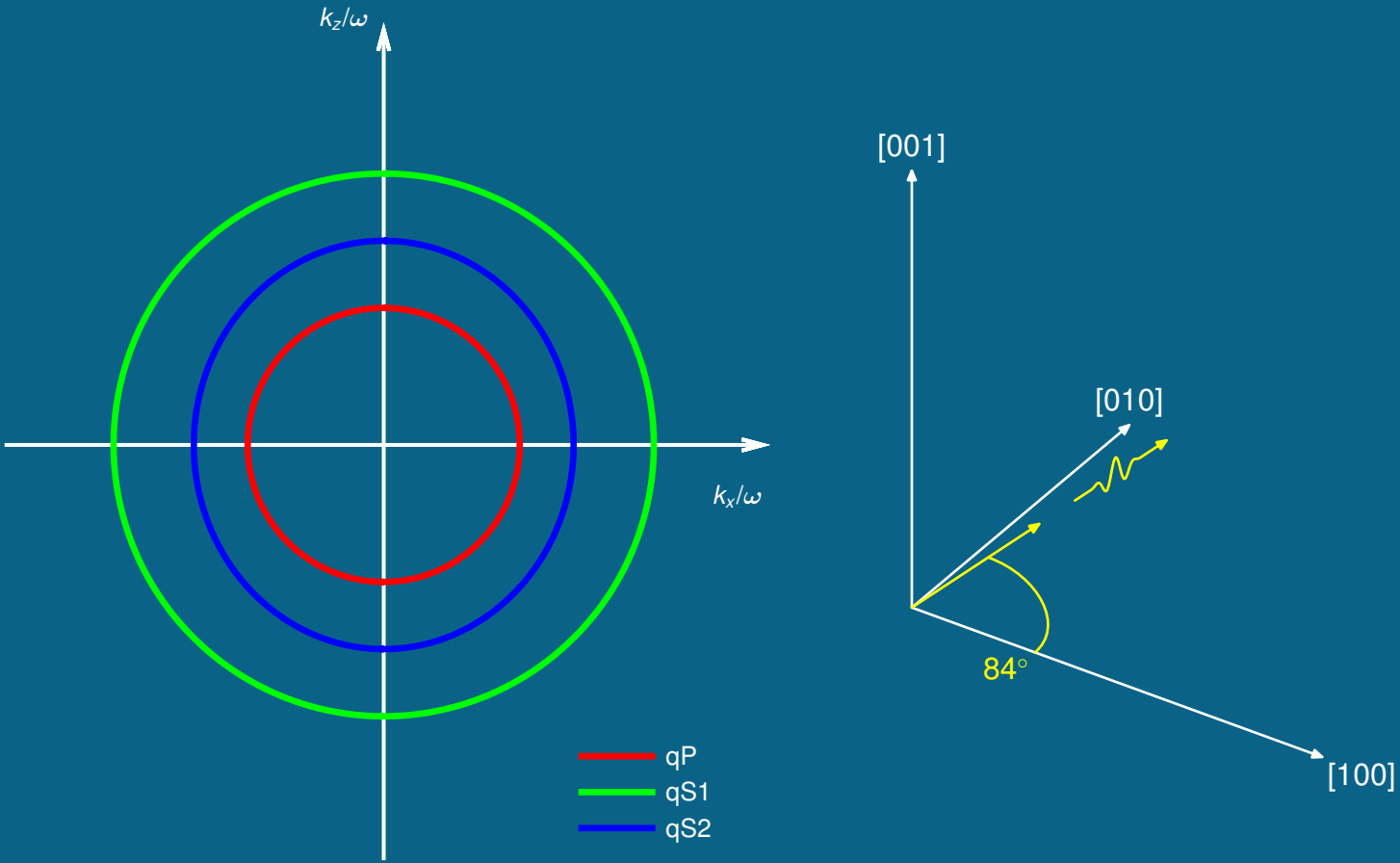
Pomalostní křivky



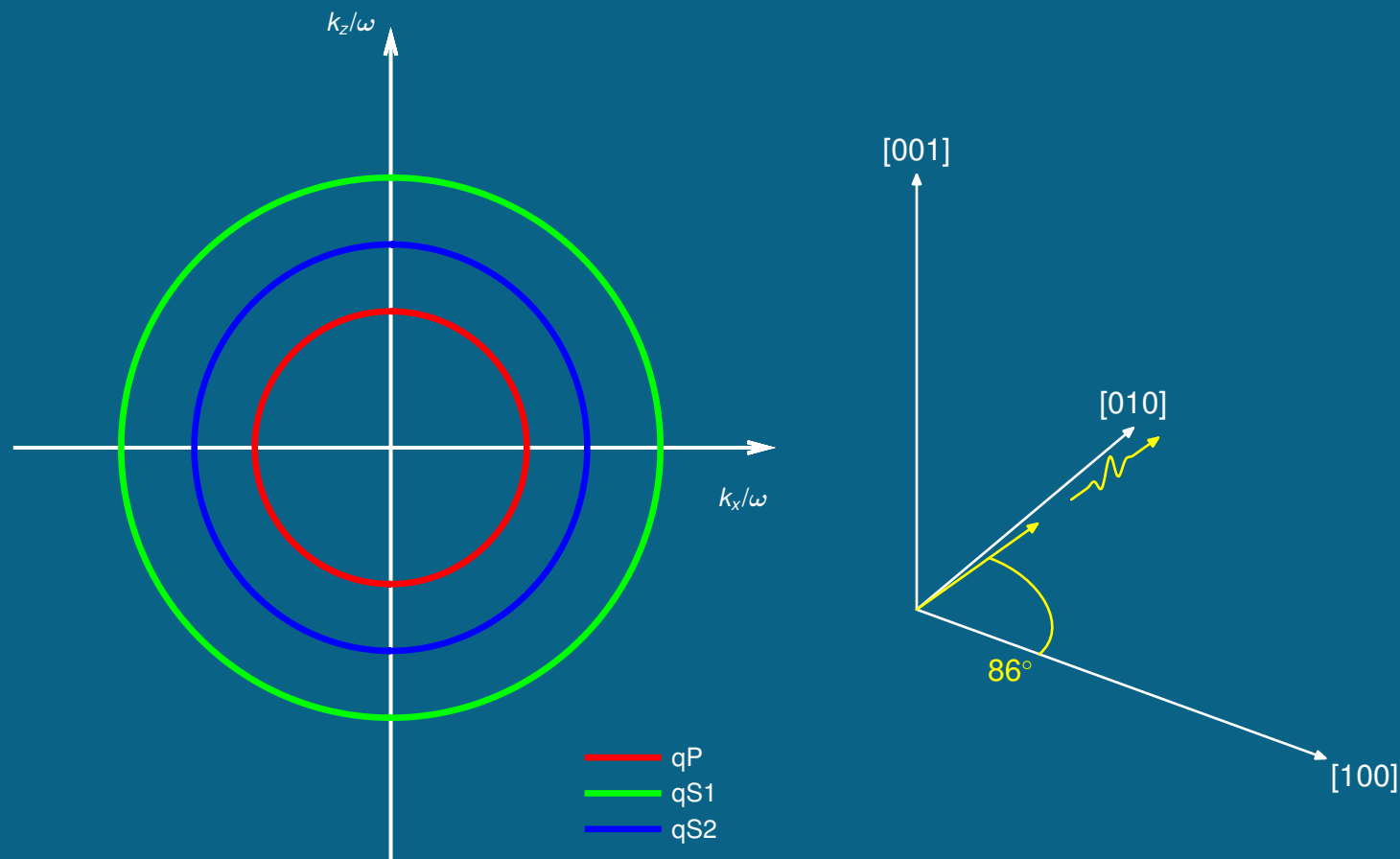
Pomalostní křivky



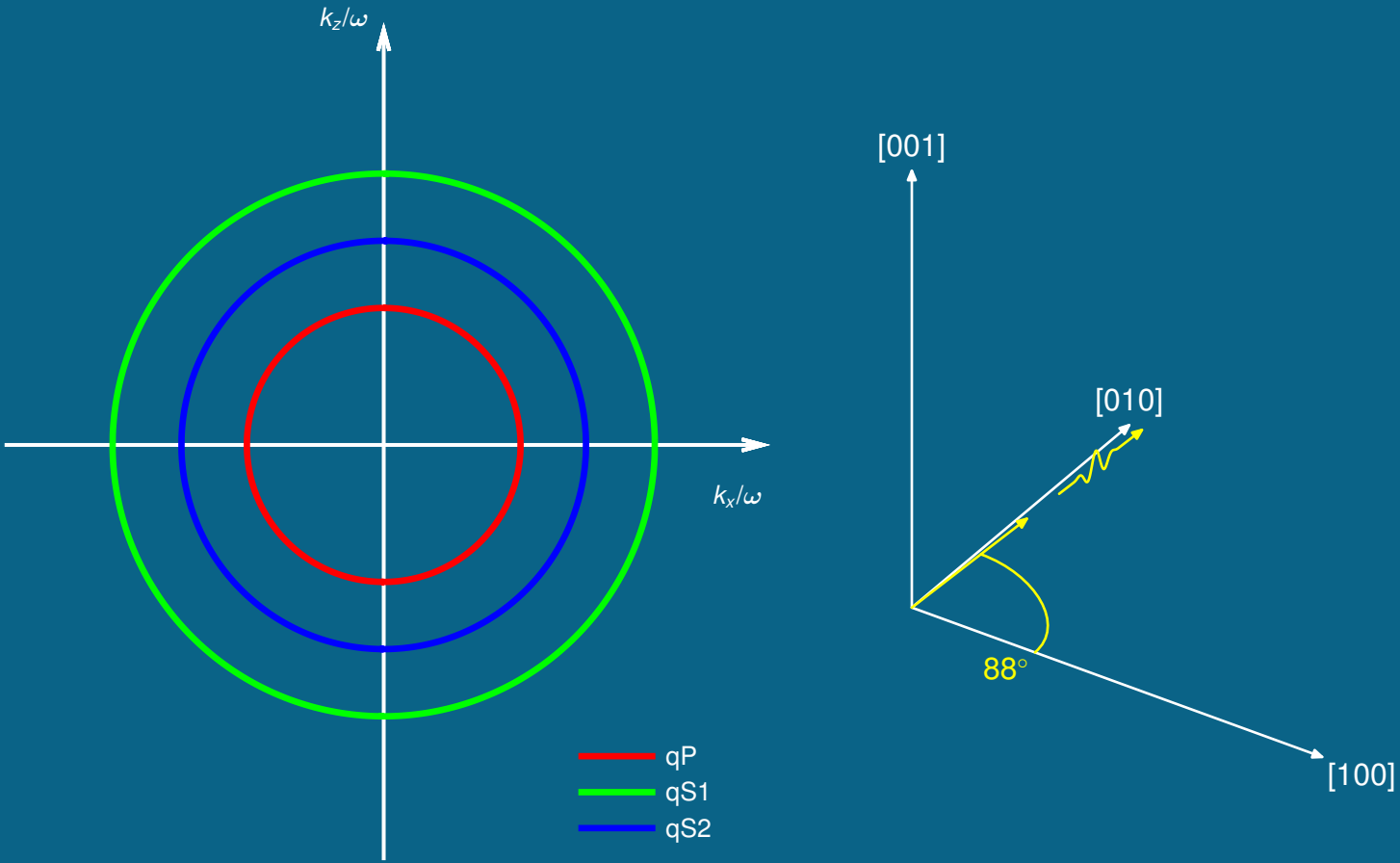
Pomalostní křivky



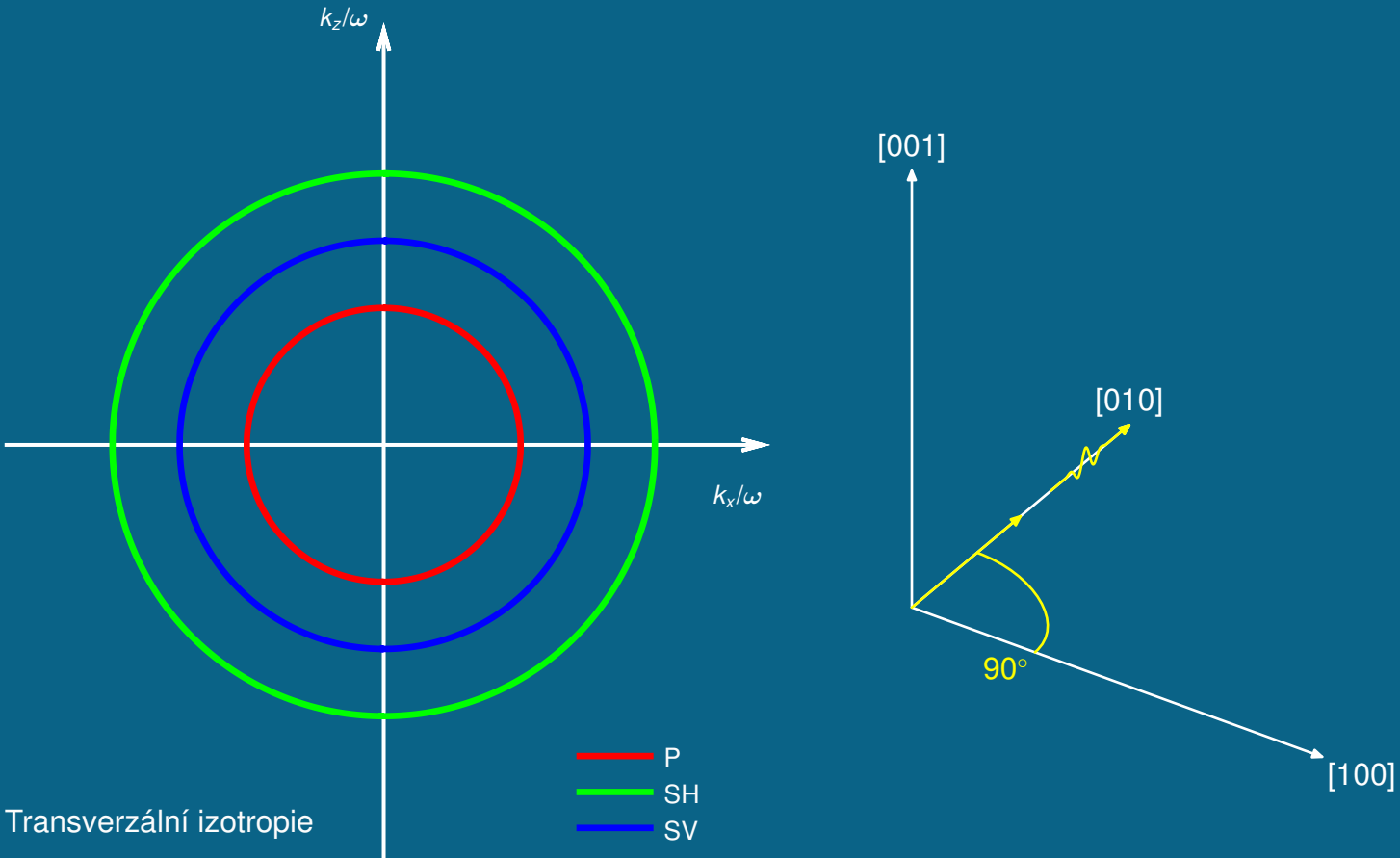
Pomalostní křivky



Pomalostní křivky

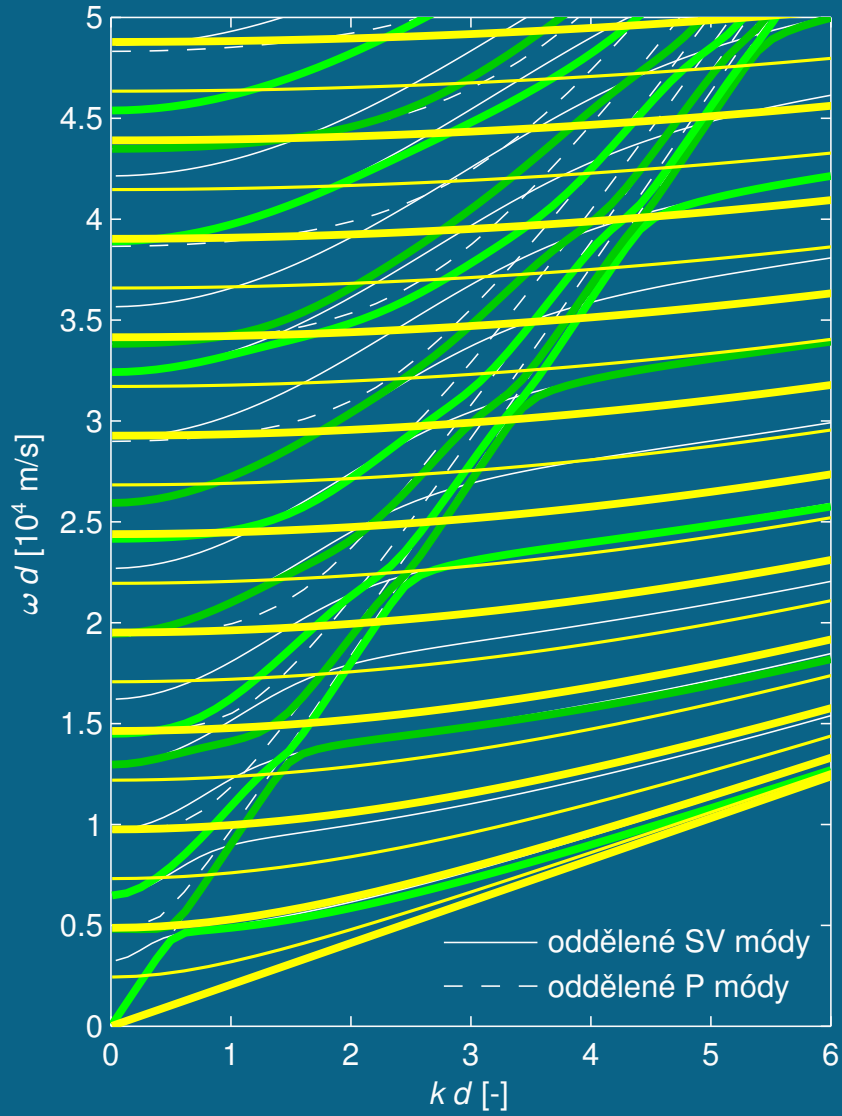


Pomalostní křivky

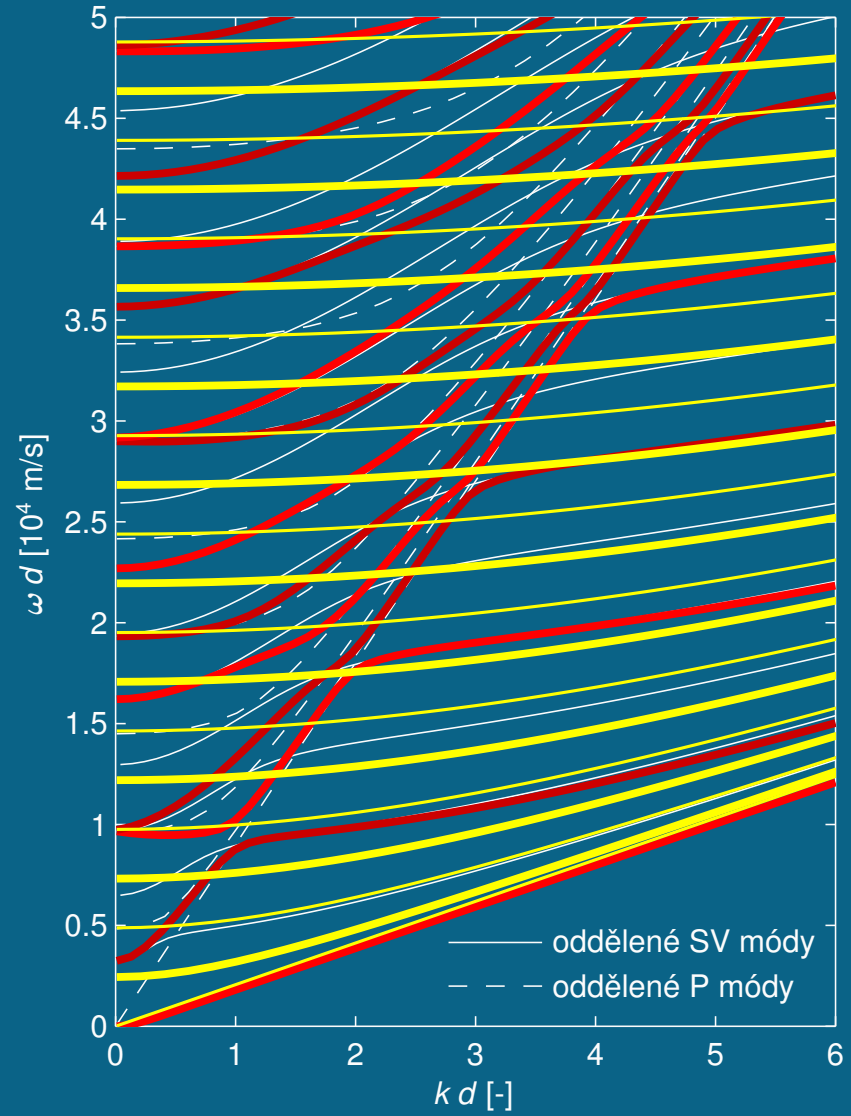


Směr šíření $\phi = 0^\circ$

symetrické módy, SH módy

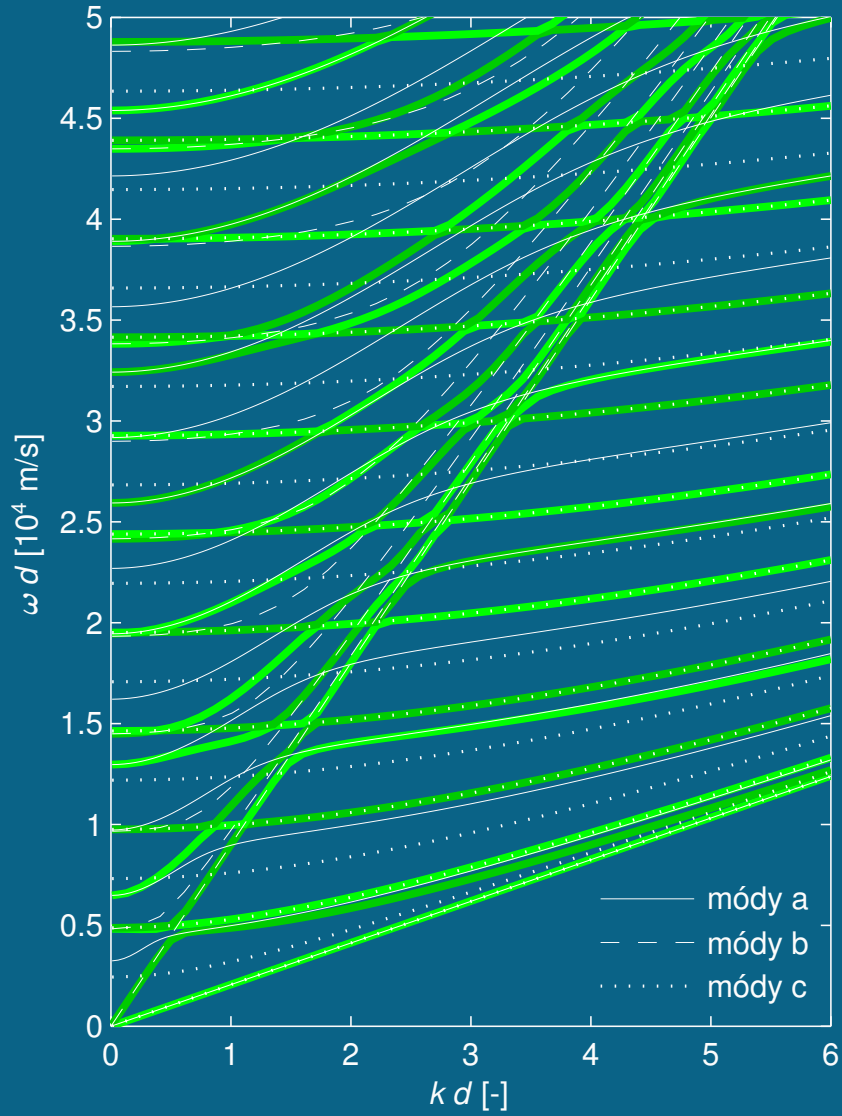


antisymetrické módy, SH módy

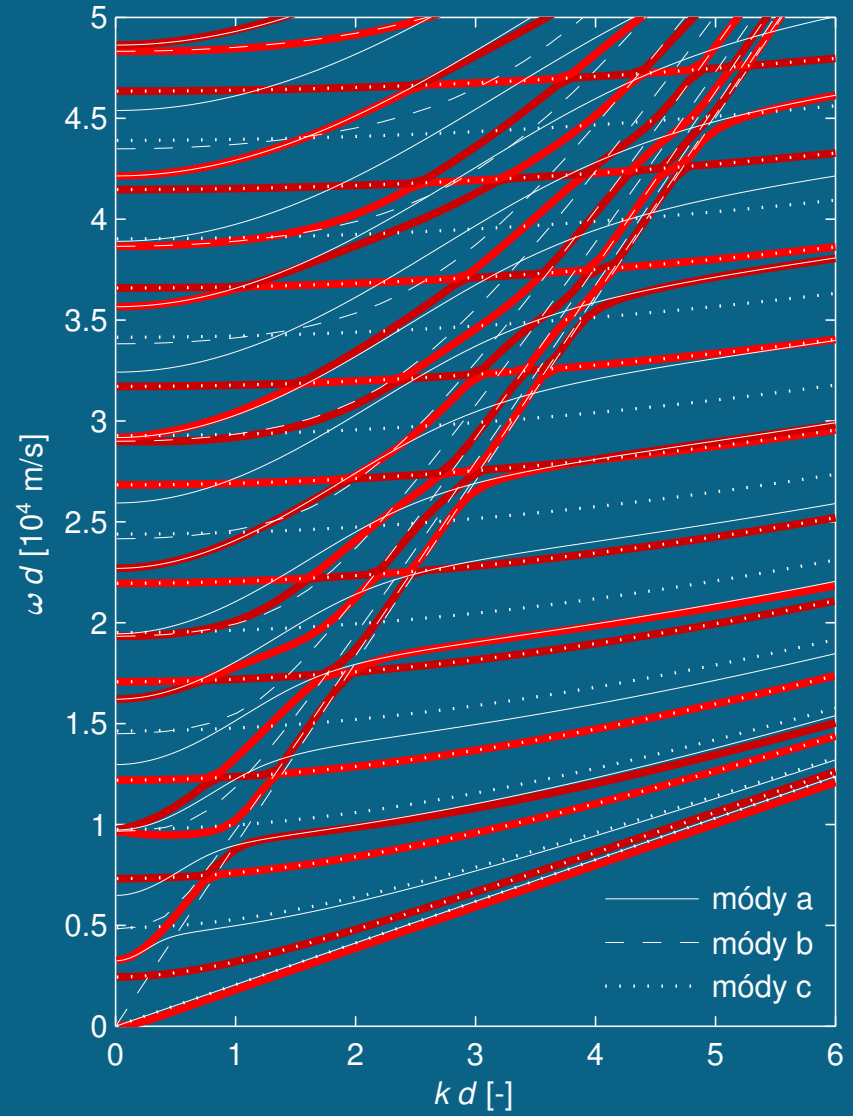


Směr šíření $\phi = 1^\circ$

symetrické módy

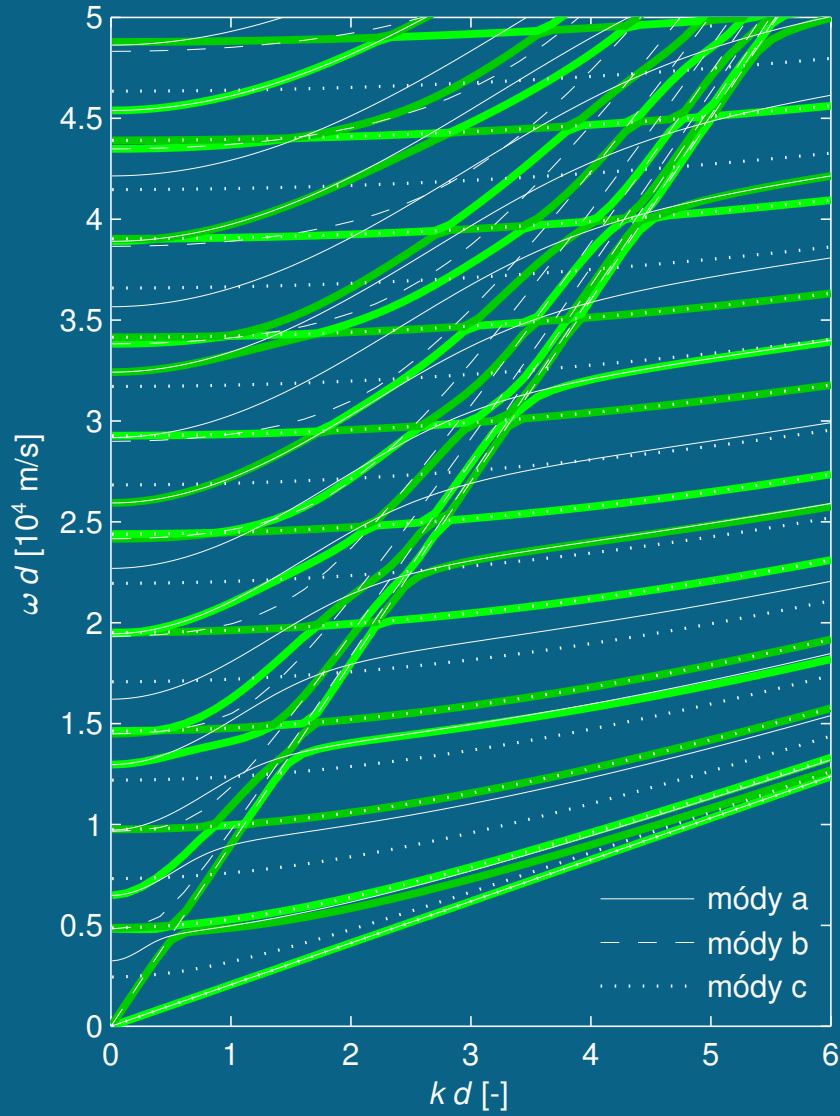


antisymetrické módy

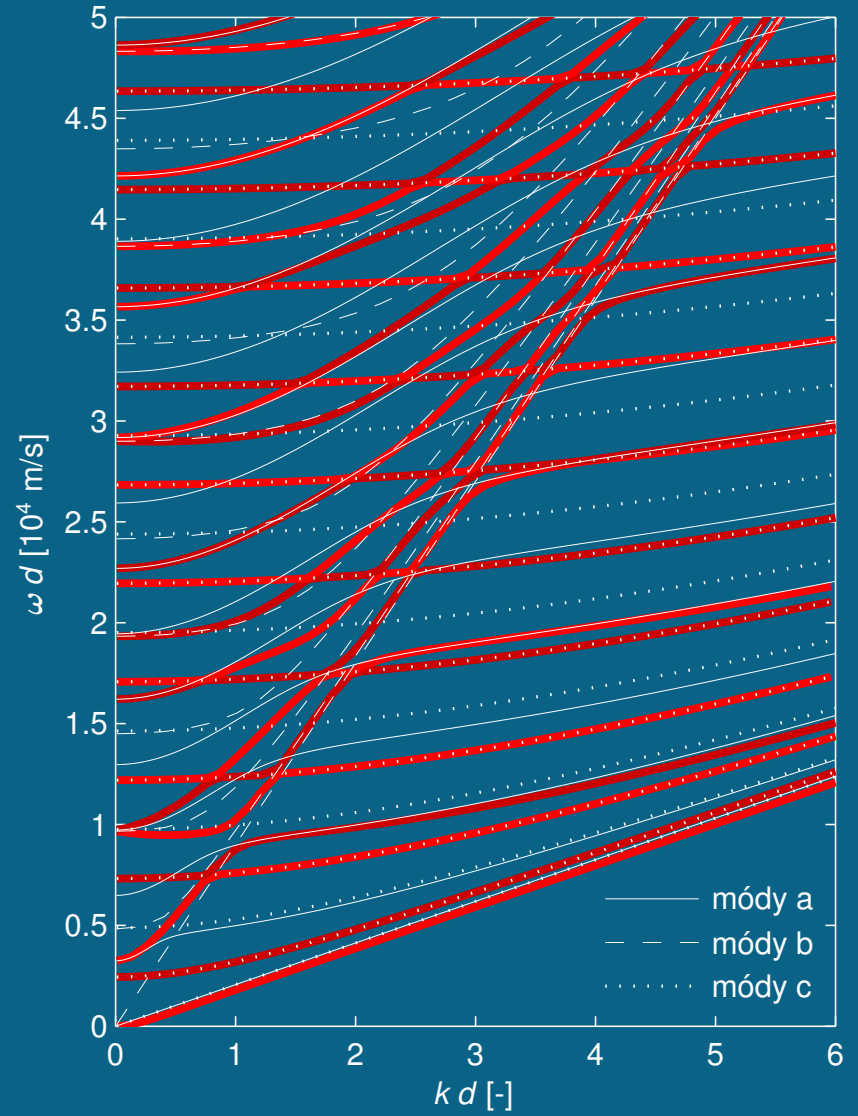


Směr šíření $\phi = 2^\circ$

symetrické módy

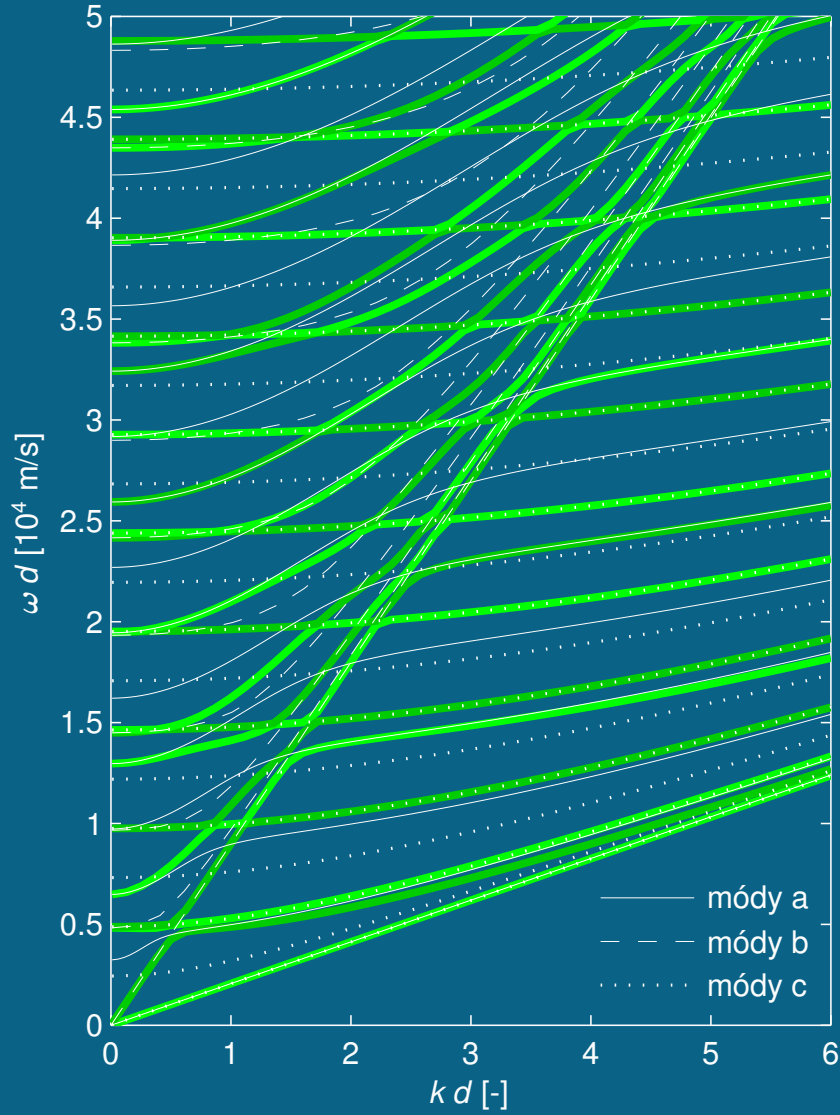


antisymetrické módy

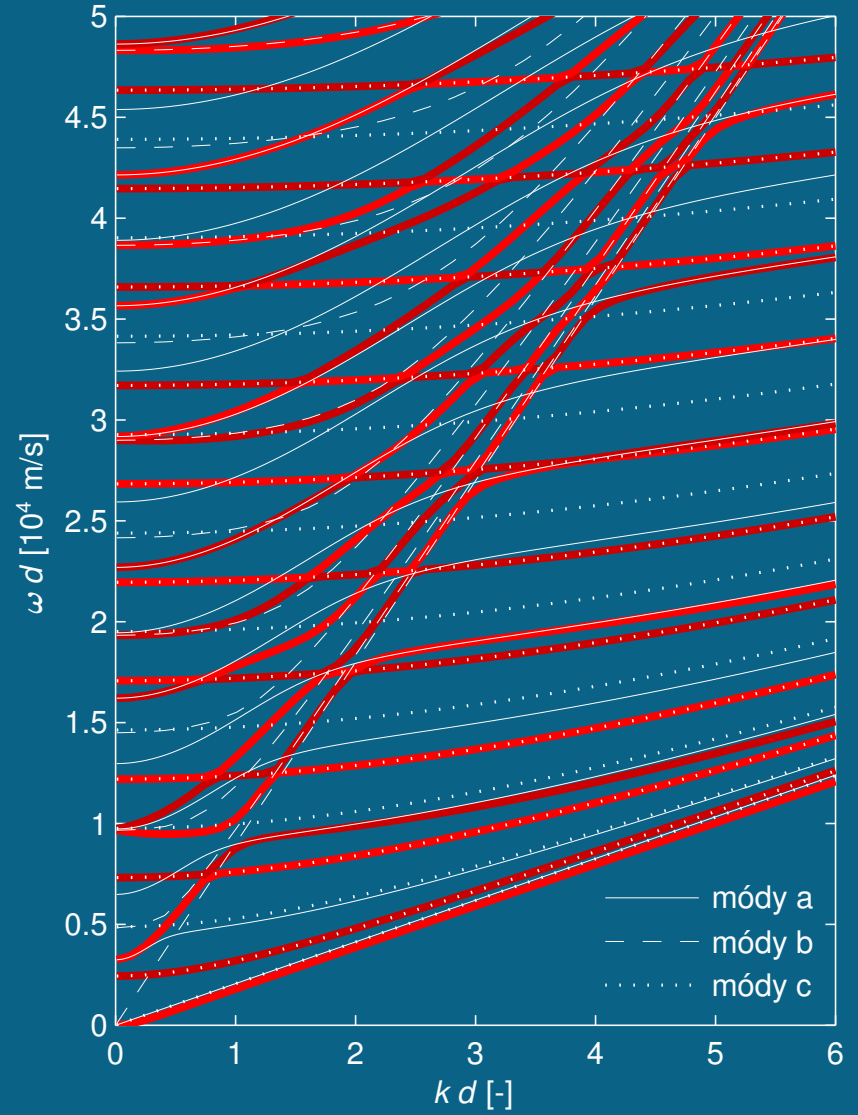


Směr šíření $\phi = 3^\circ$

symetrické módy

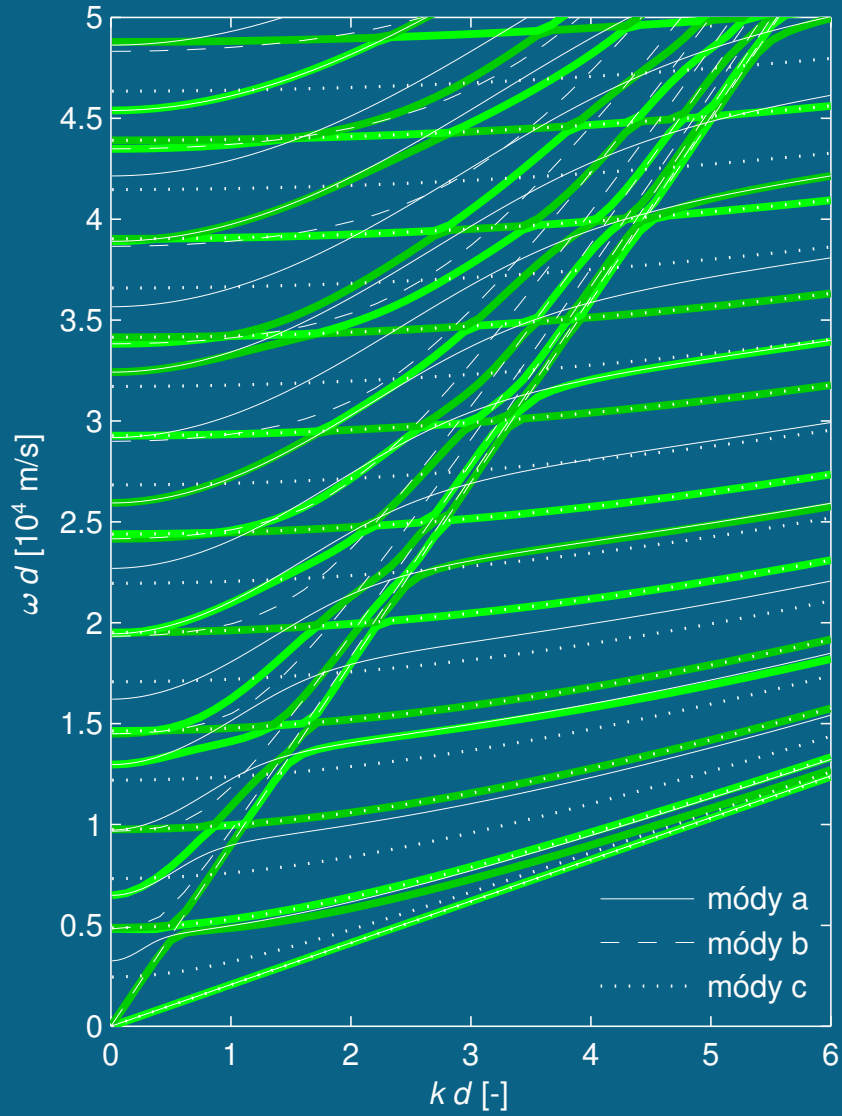


antisymetrické módy

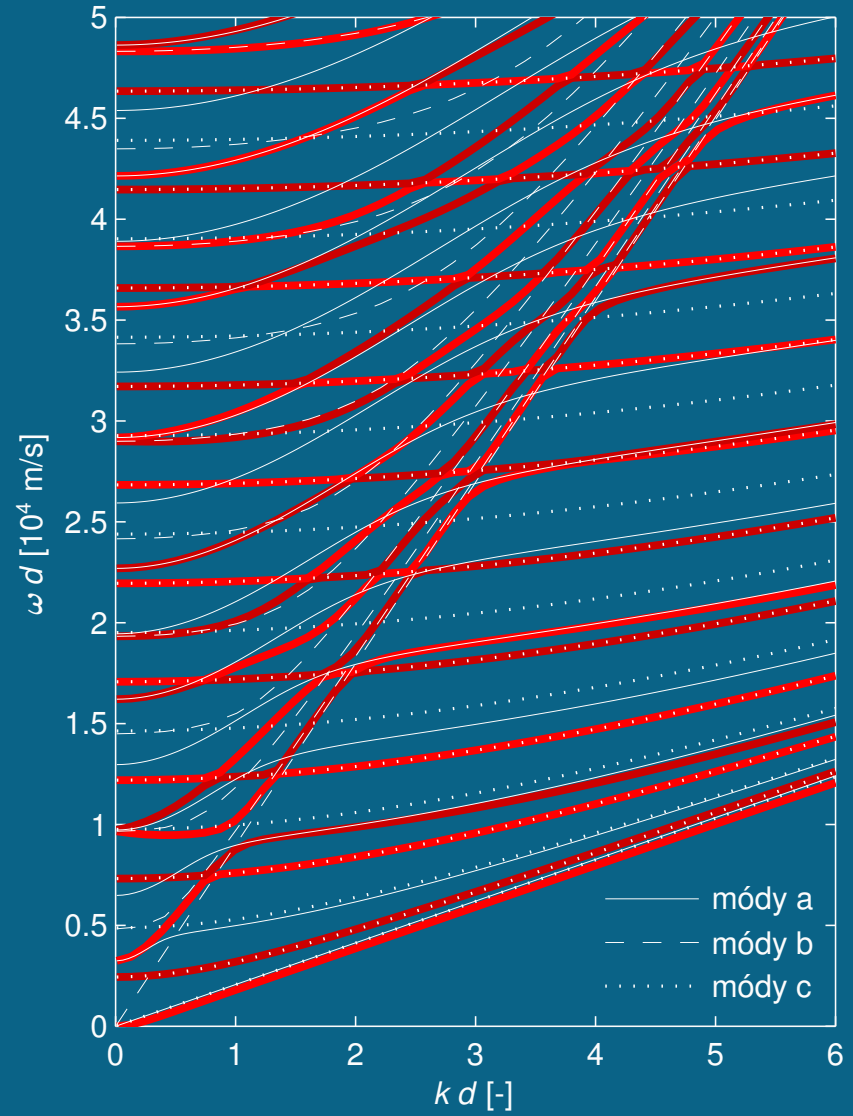


Směr šíření $\phi = 4^\circ$

symetrické módy

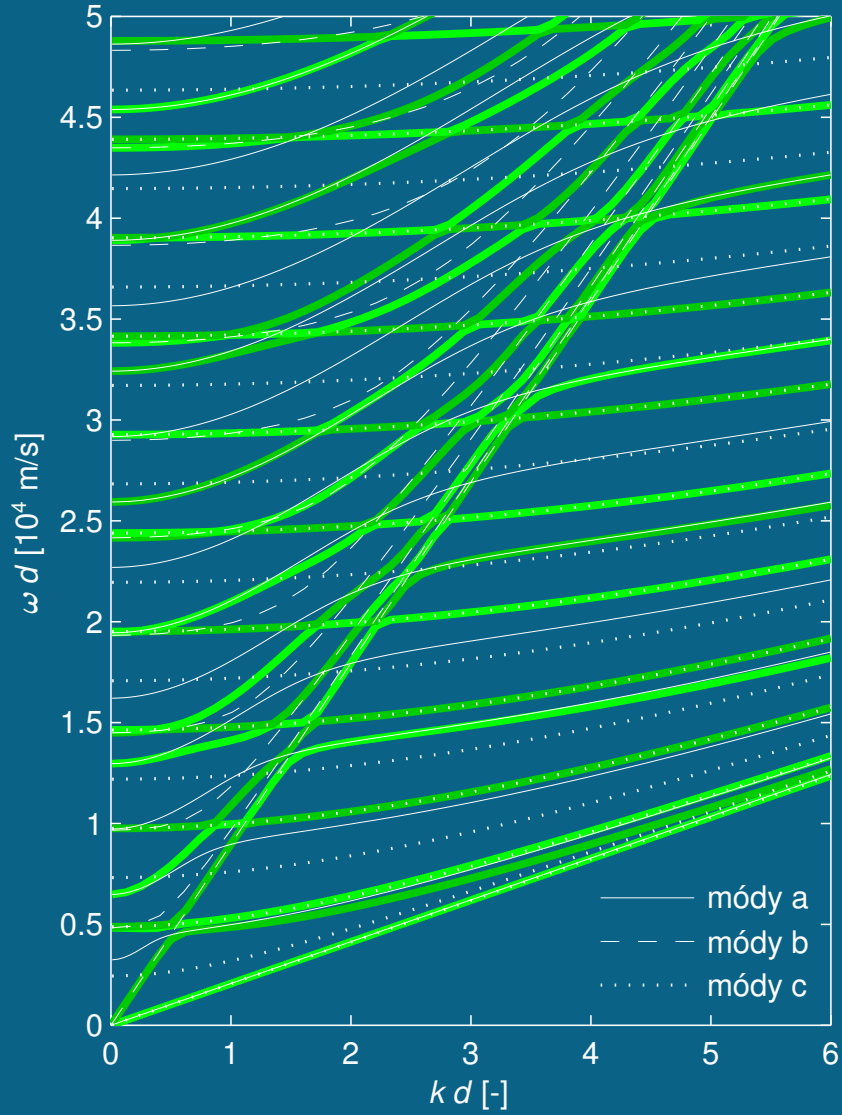


antisymetrické módy

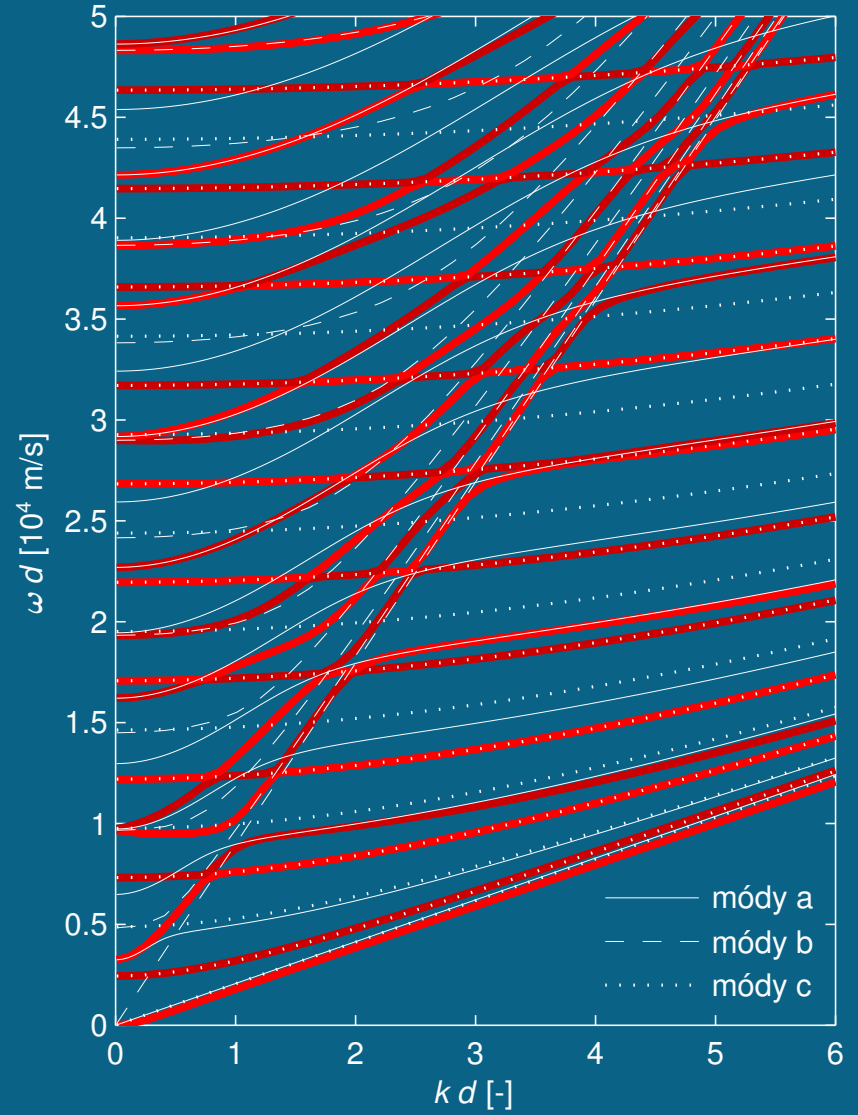


Směr šíření $\phi = 5^\circ$

symetrické módy

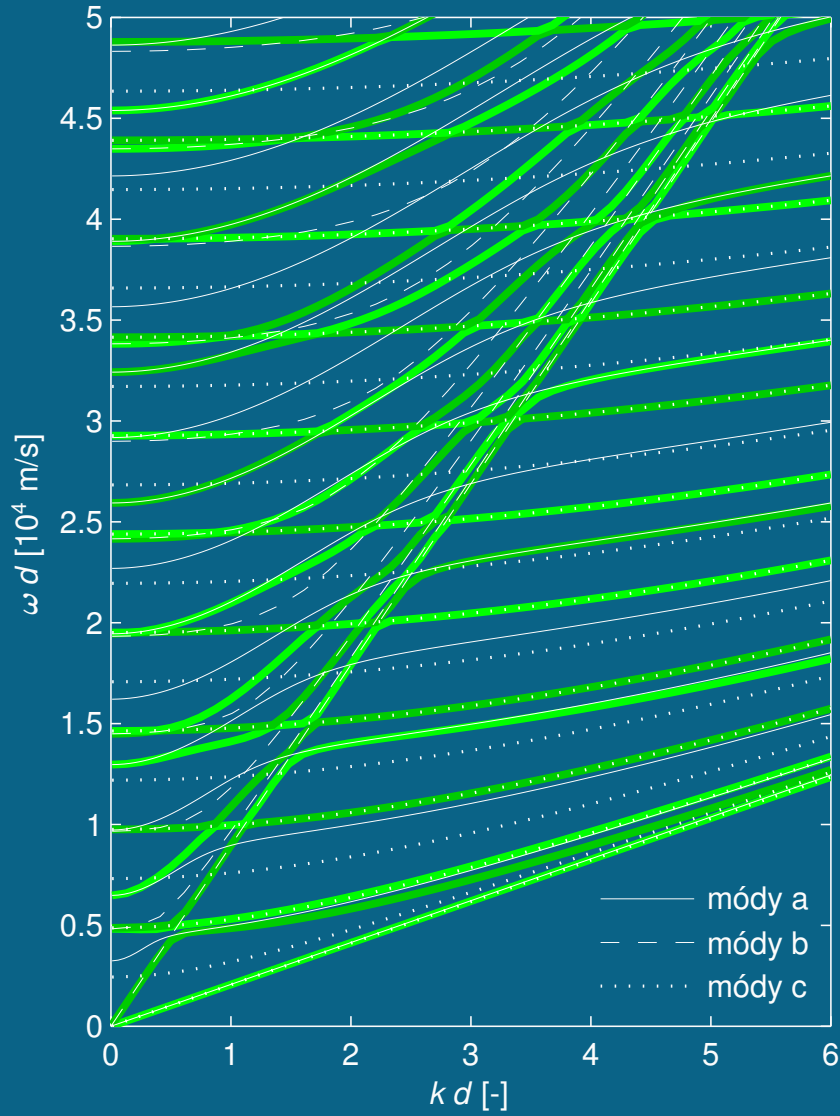


antisymetrické módy

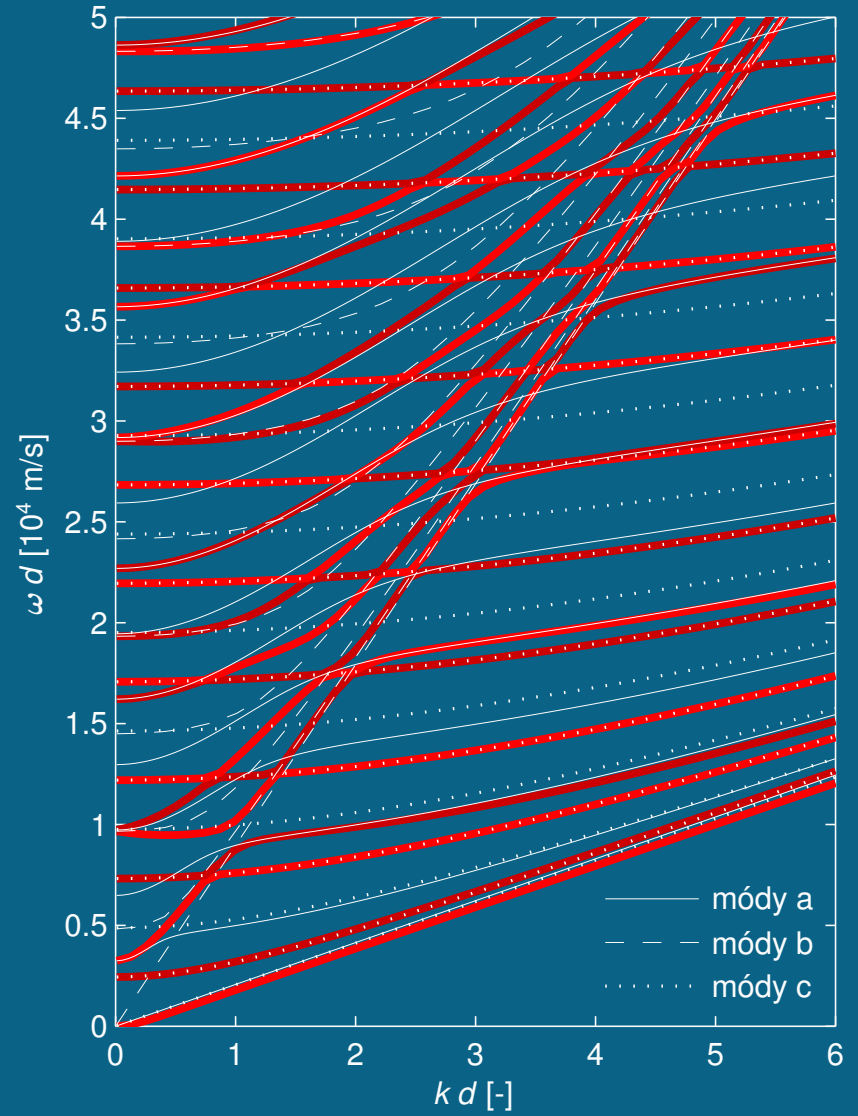


Směr šíření $\phi = 6^\circ$

symetrické módy

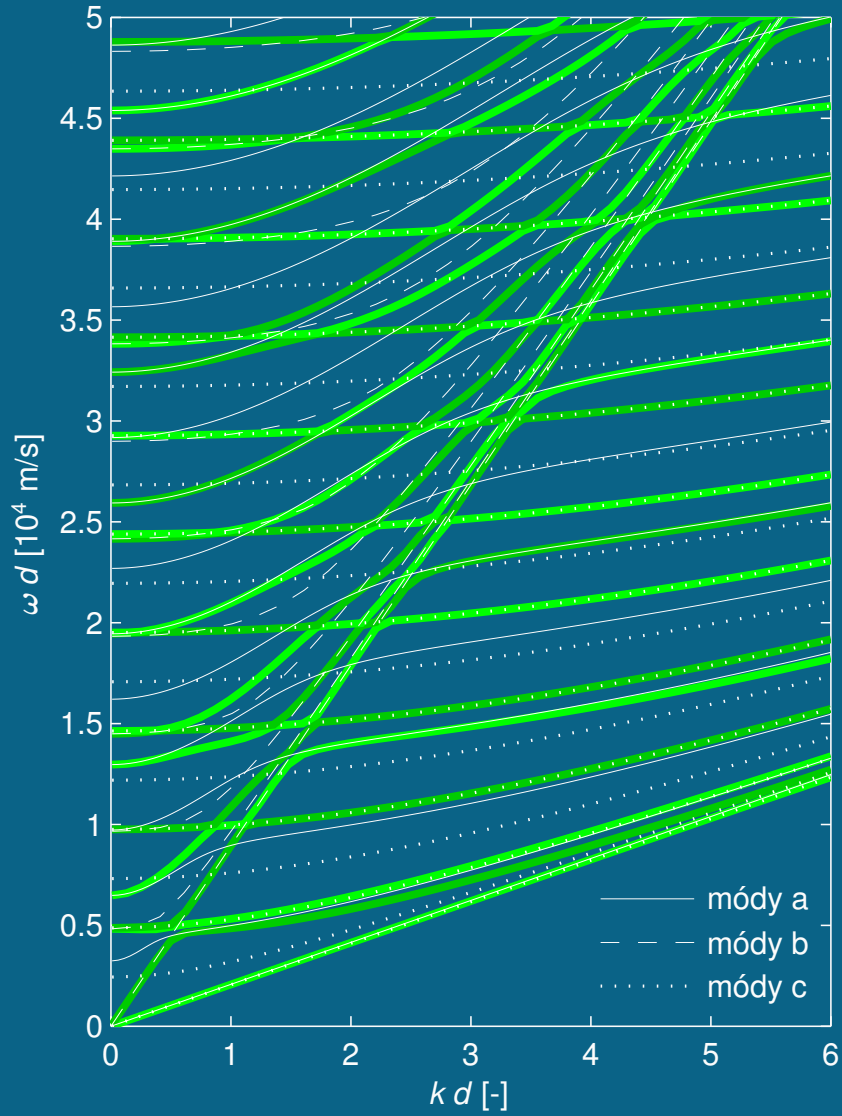


antisymetrické módy

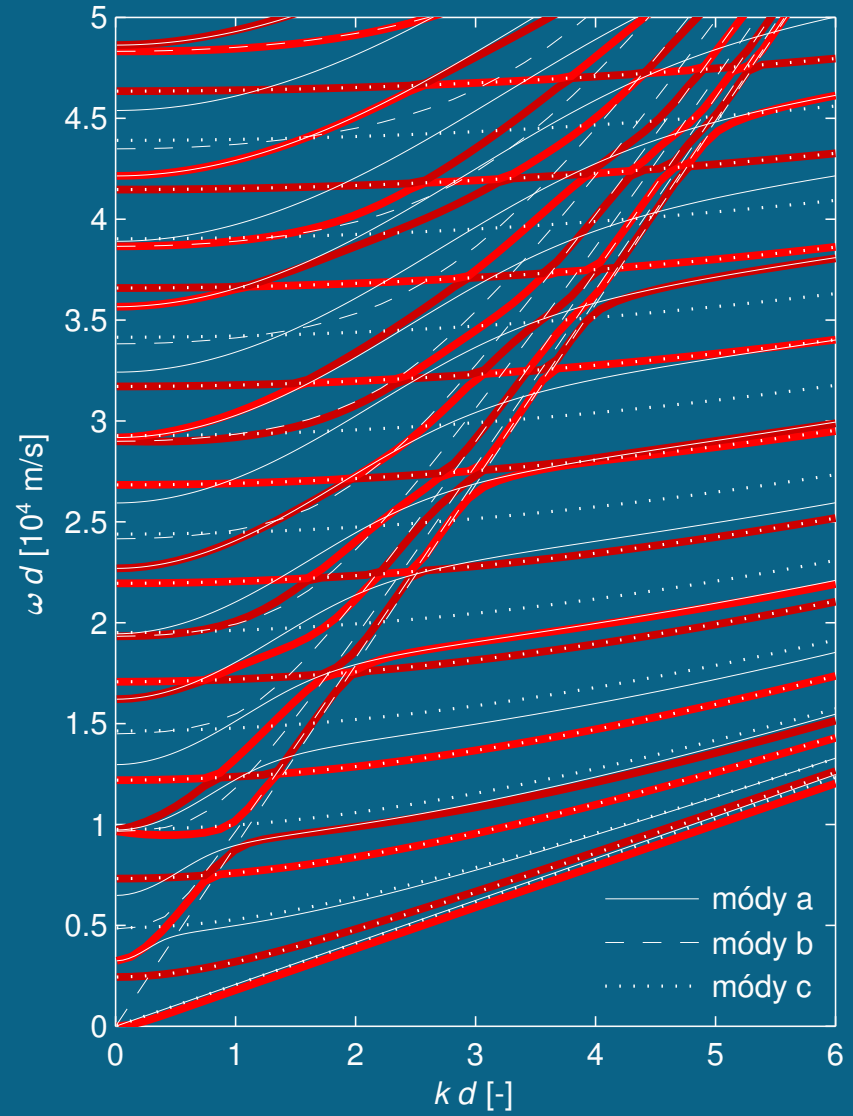


Směr šíření $\phi = 7^\circ$

symetrické módy

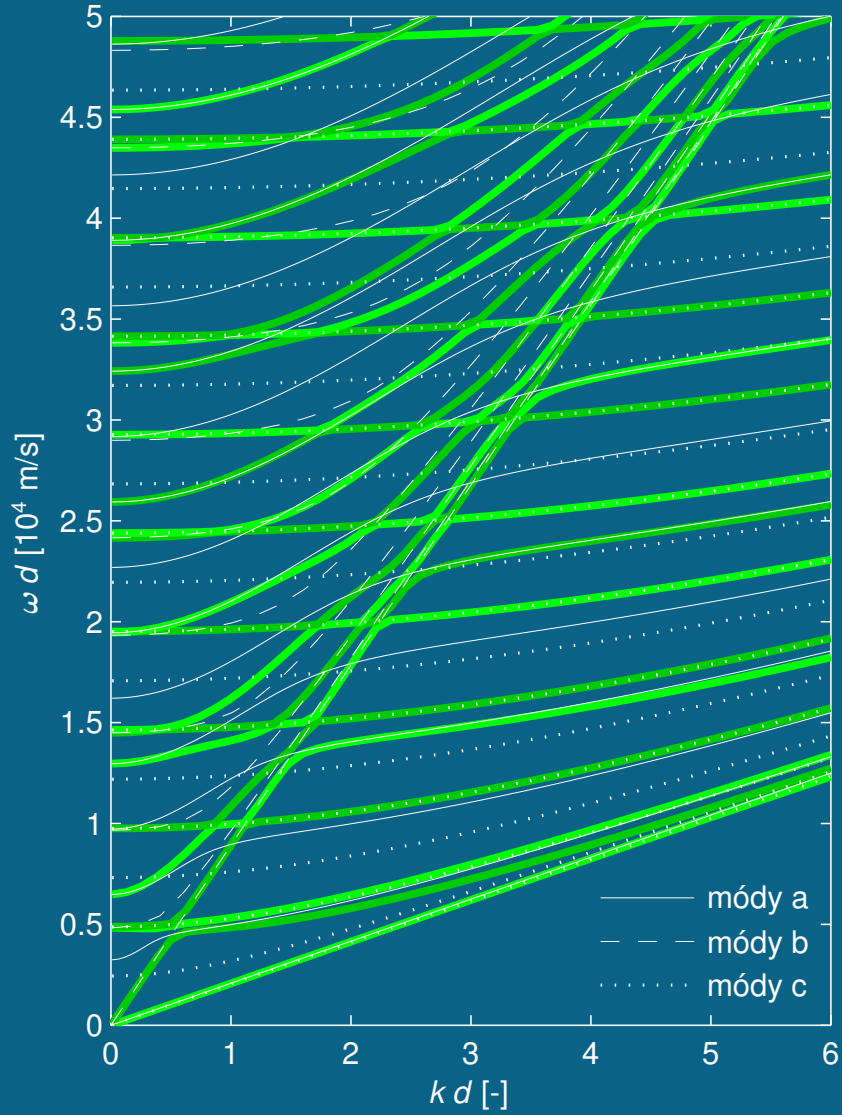


antisymetrické módy

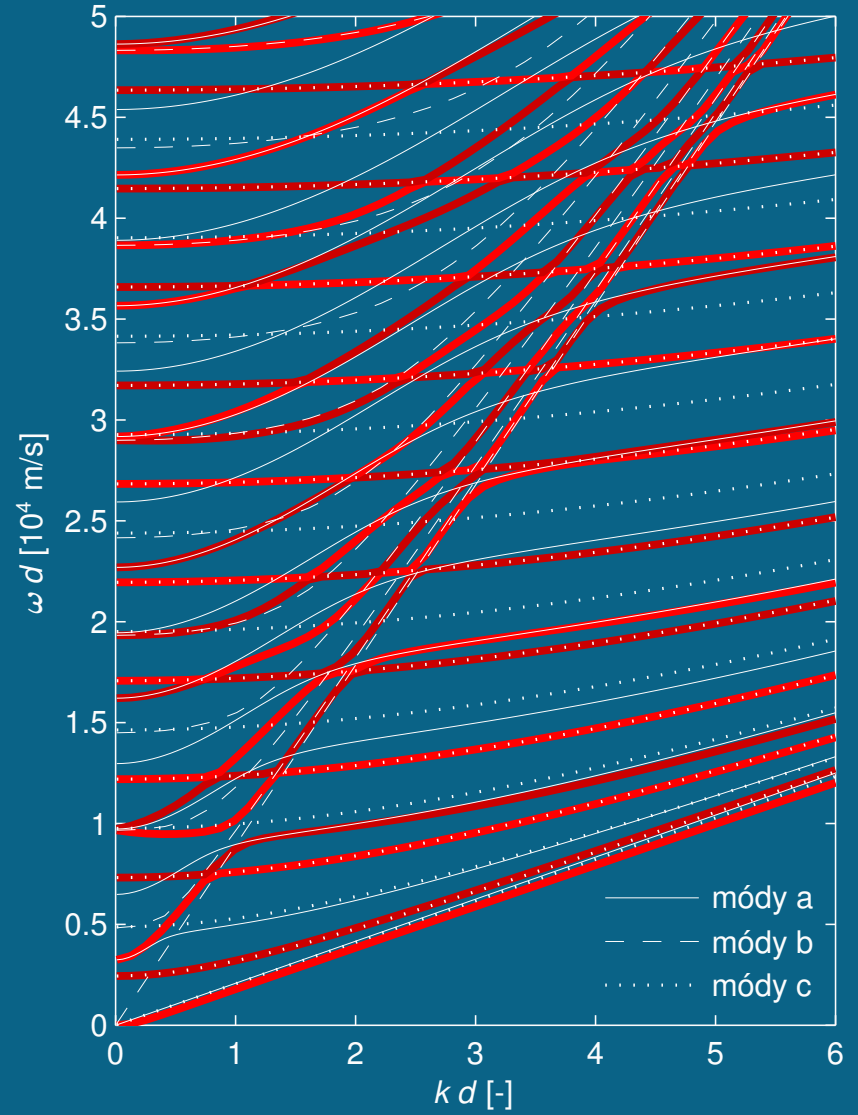


Směr šíření $\phi = 8^\circ$

symetrické módy

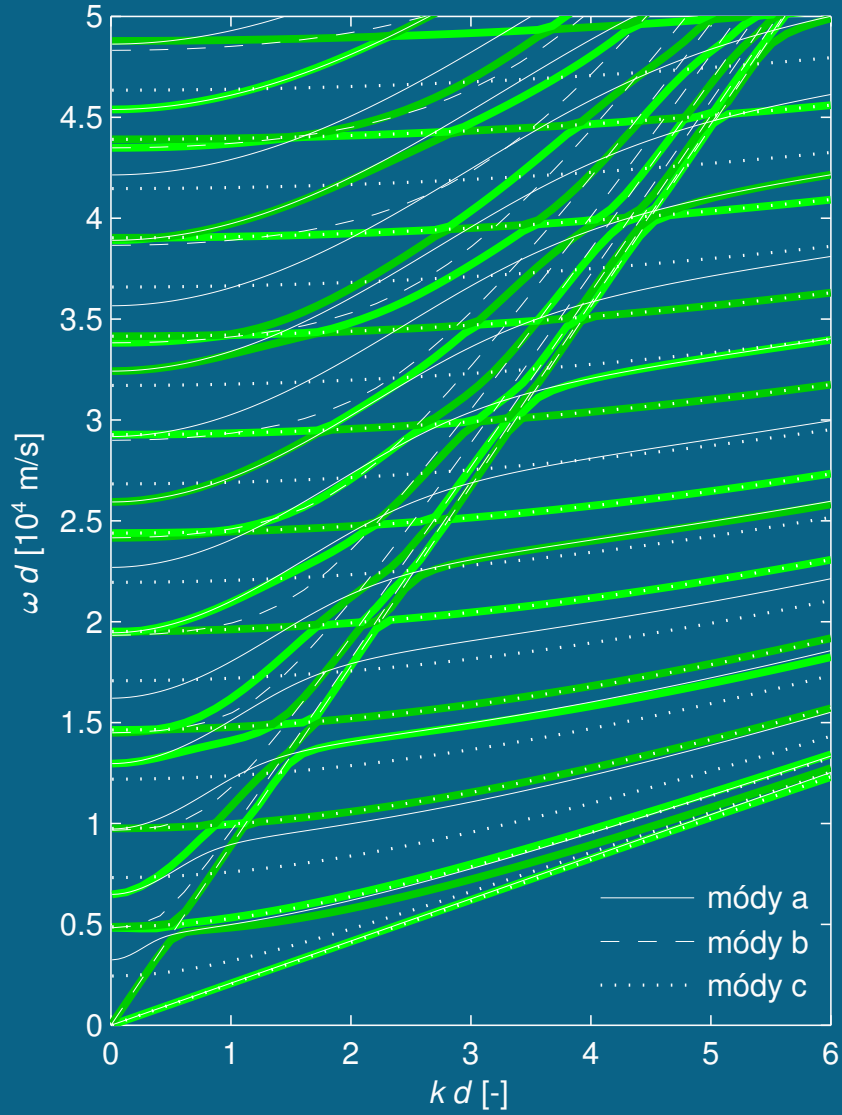


antisymetrické módy

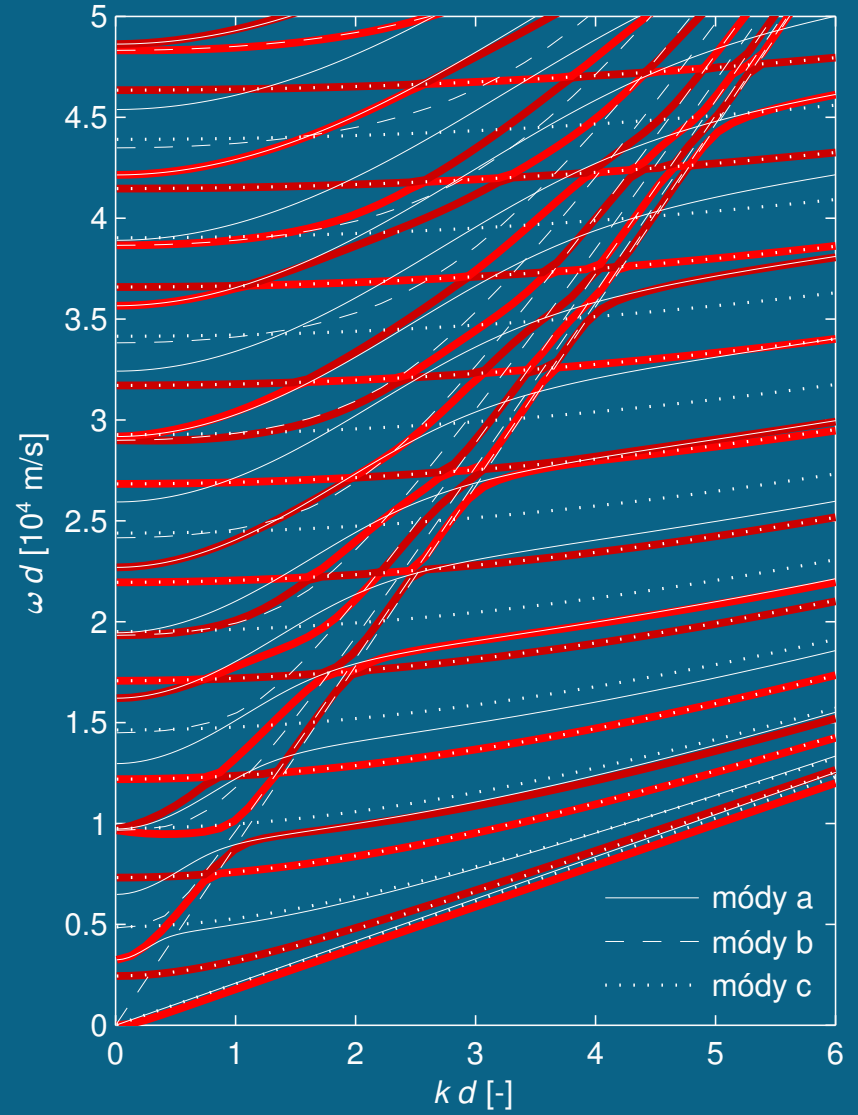


Směr šíření $\phi = 9^\circ$

symetrické módy

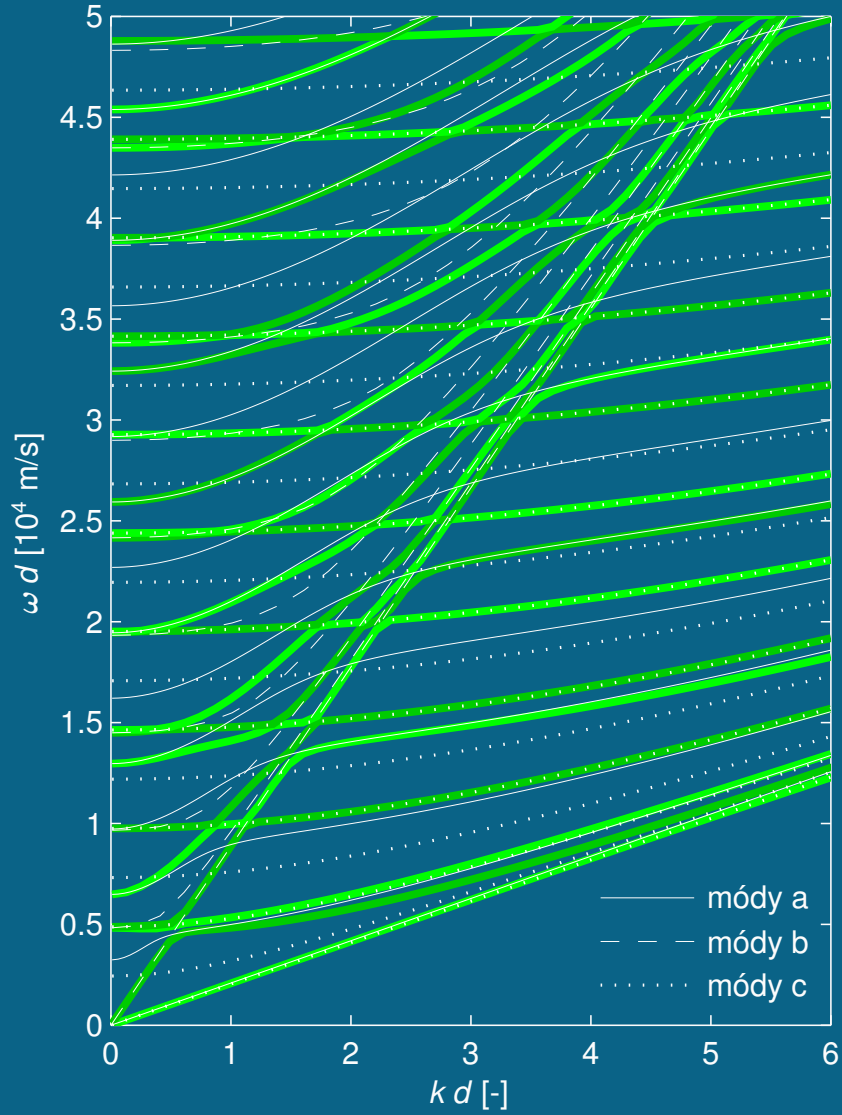


antisymetrické módy

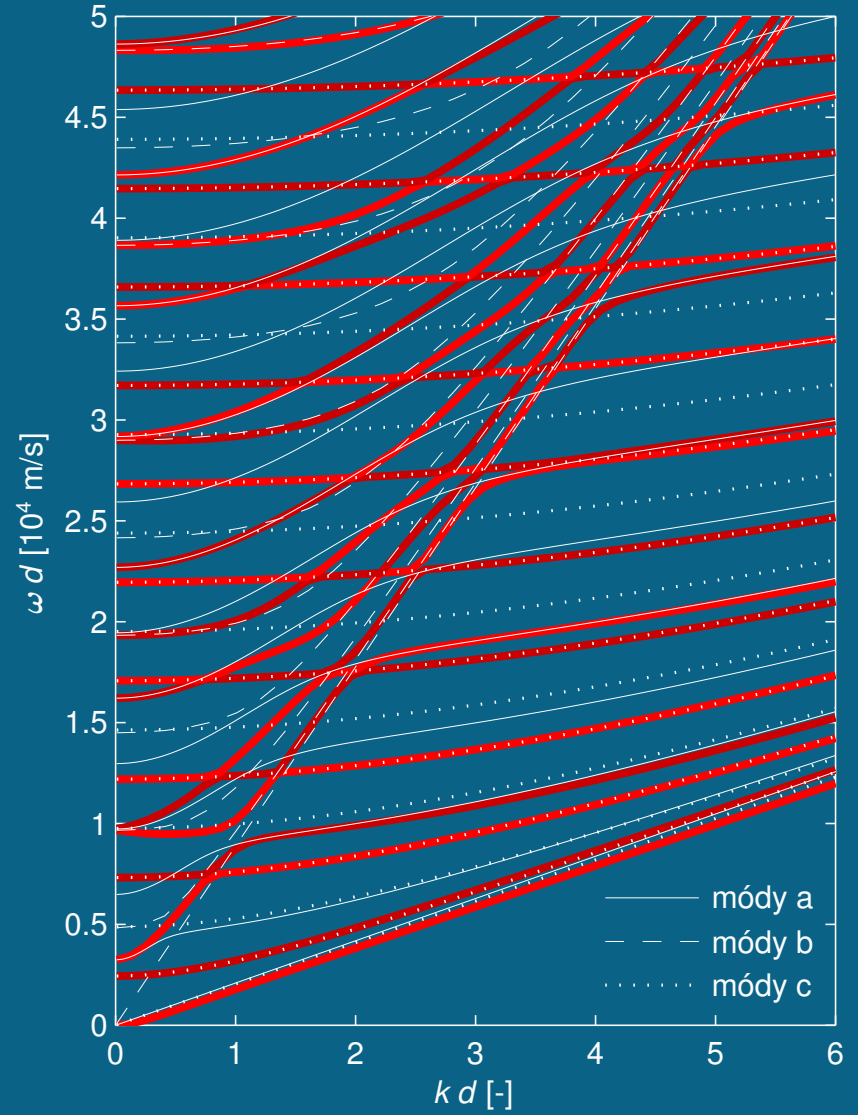


Směr šíření $\phi = 10^\circ$

symetrické módy

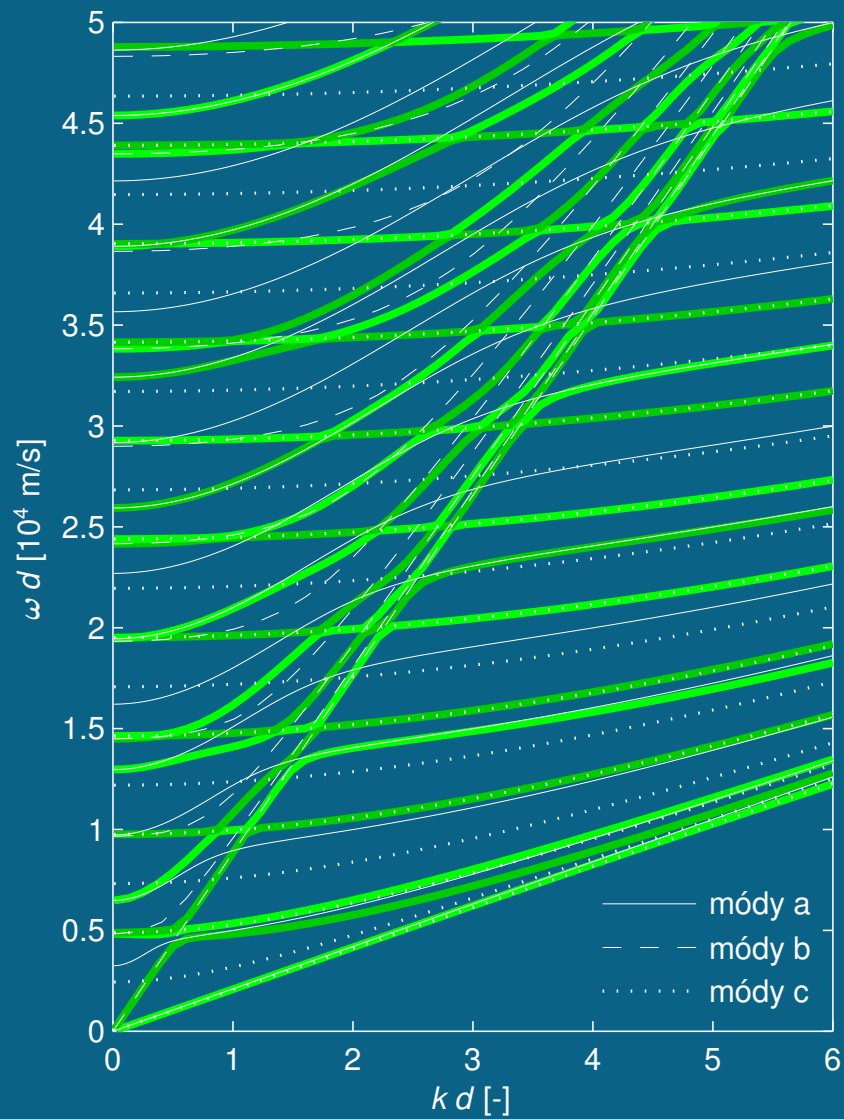


antisymetrické módy

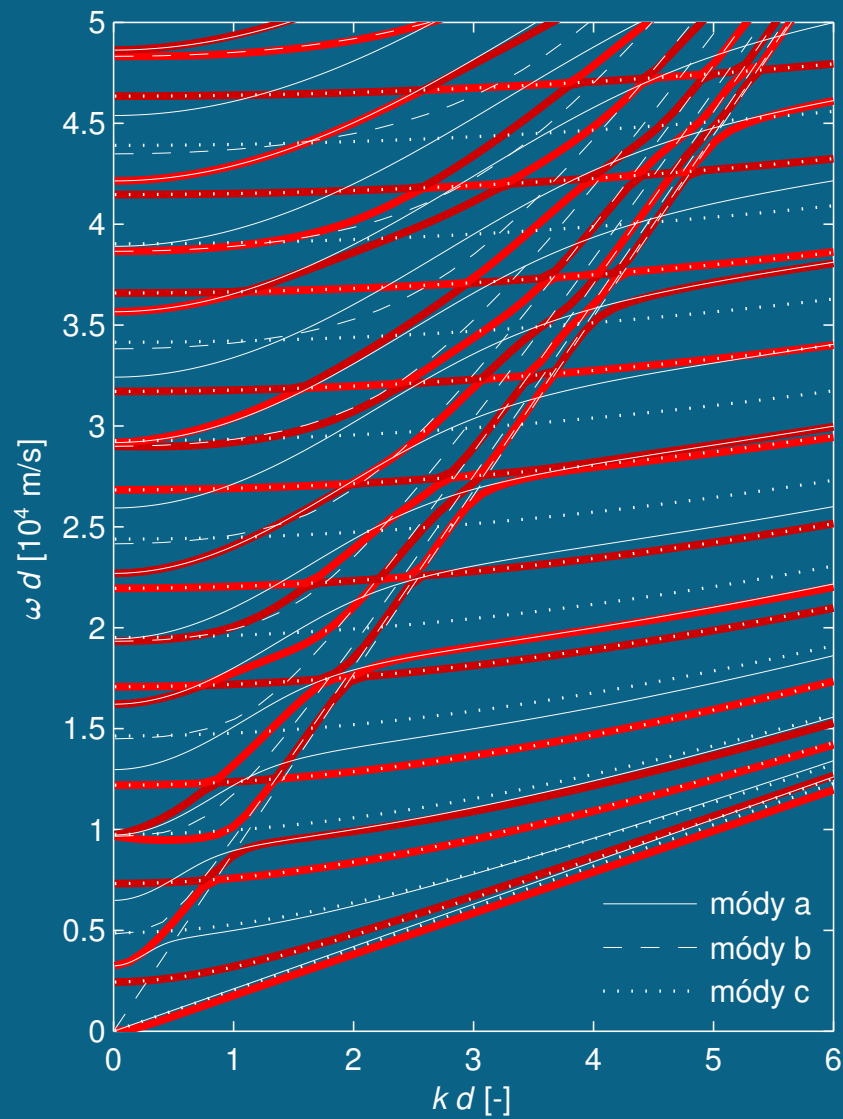


Směr šíření $\phi = 11^\circ$

symetrické módy

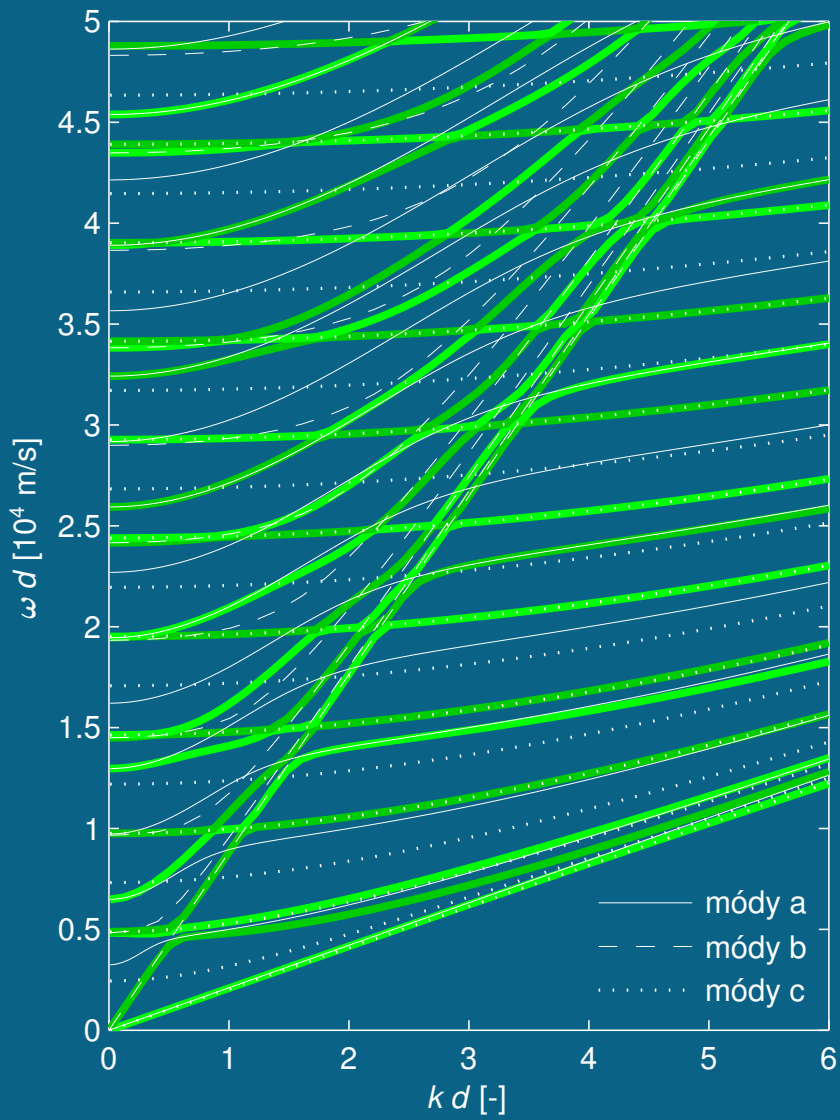


antisymetrické módy

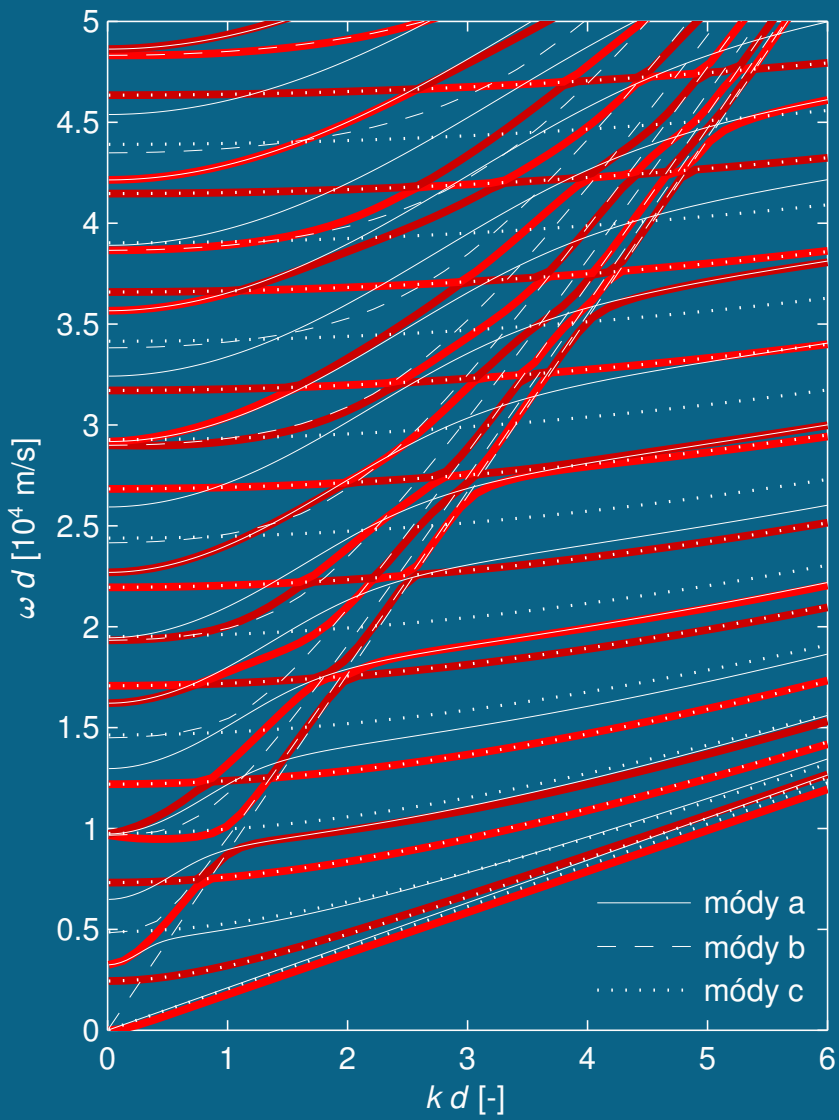


Směr šíření $\phi = 12^\circ$

symetrické módy

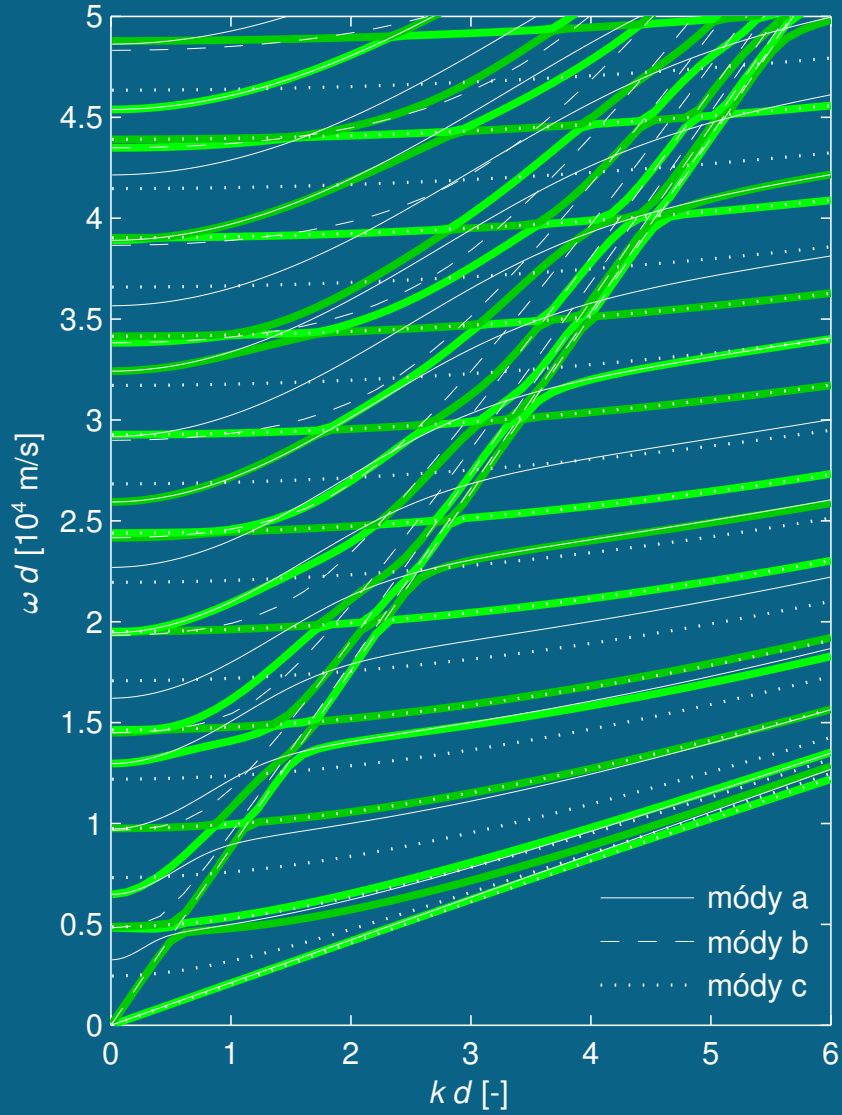


antisymetrické módy

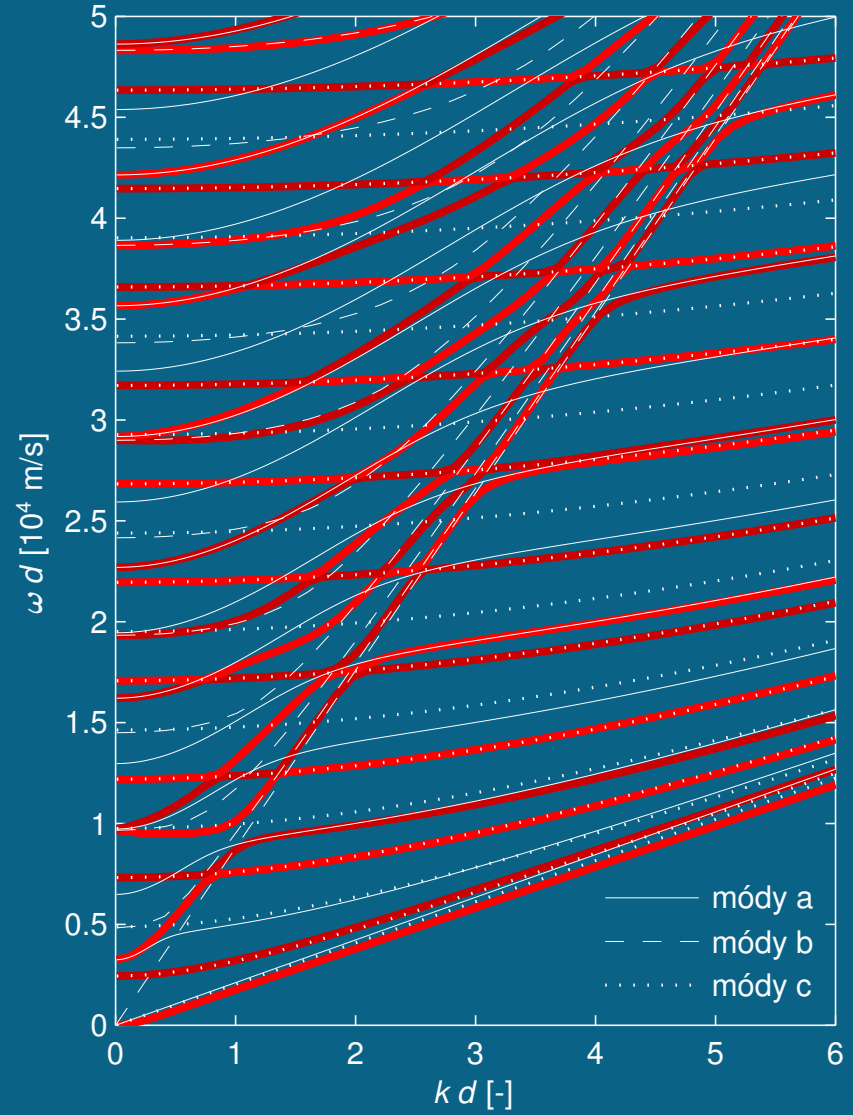


Směr šíření $\phi = 13^\circ$

symetrické módy

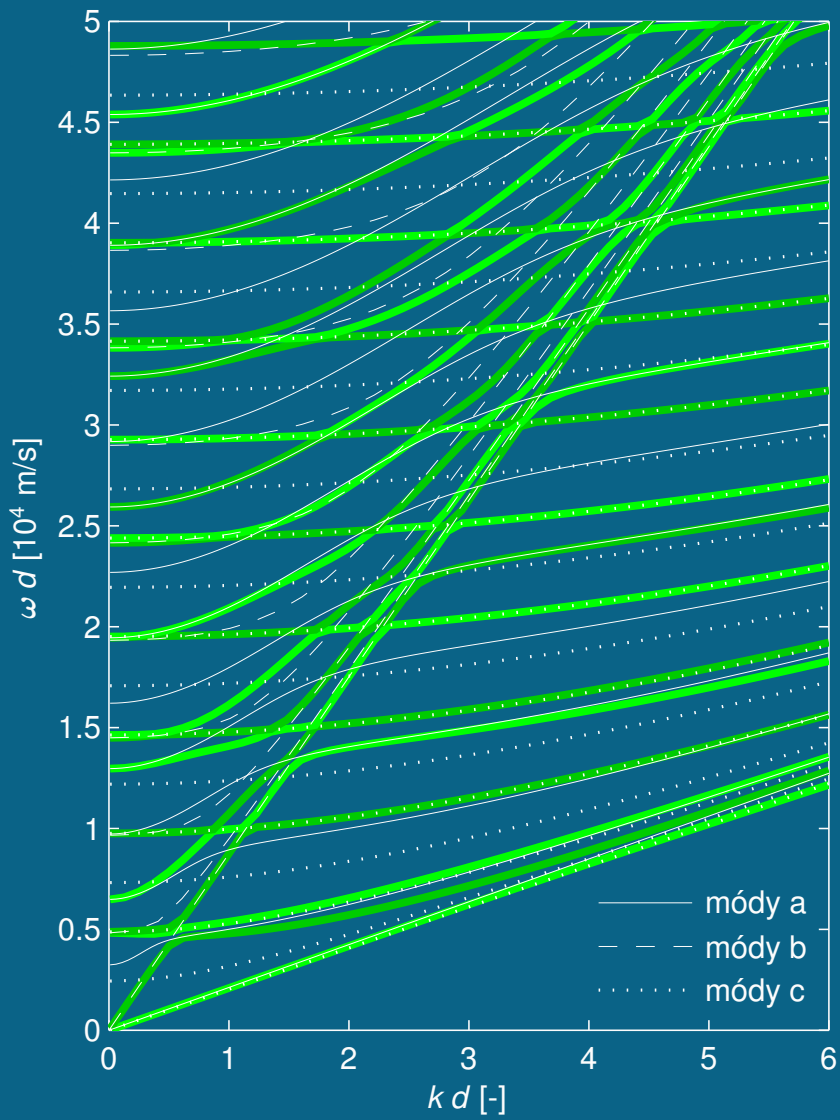


antisymetrické módy

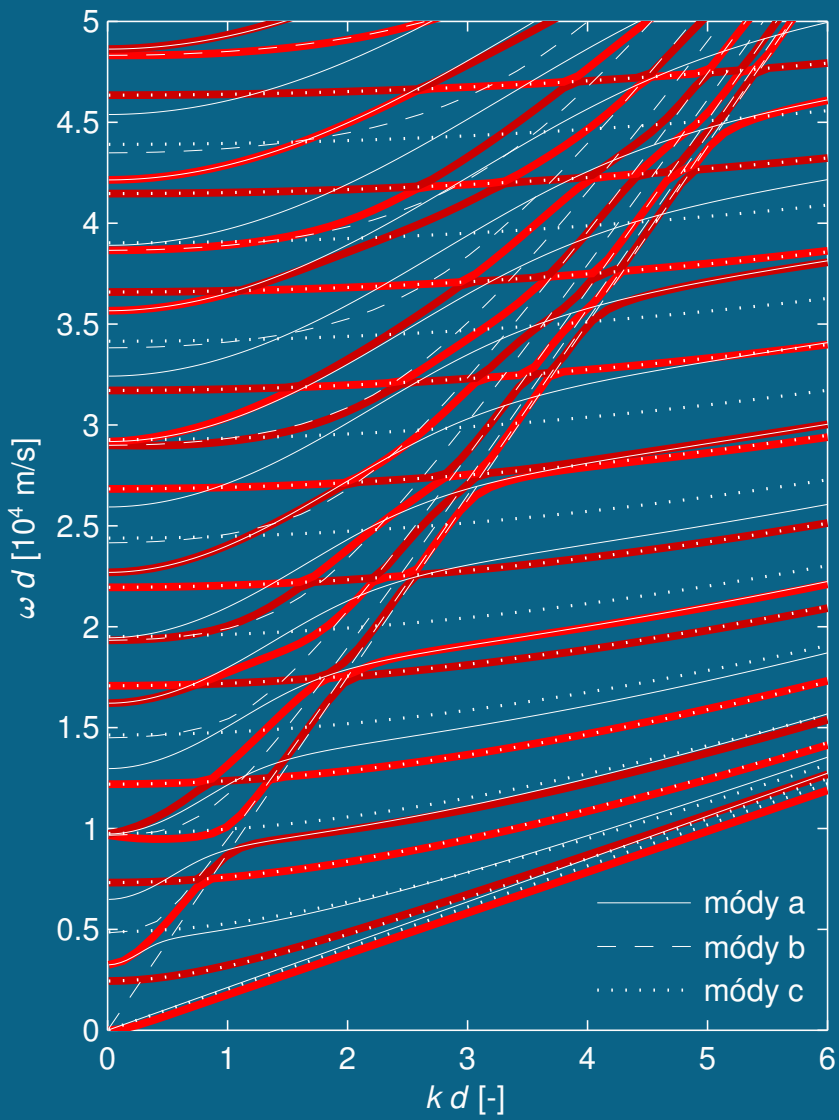


Směr šíření $\phi = 14^\circ$

symetrické módy

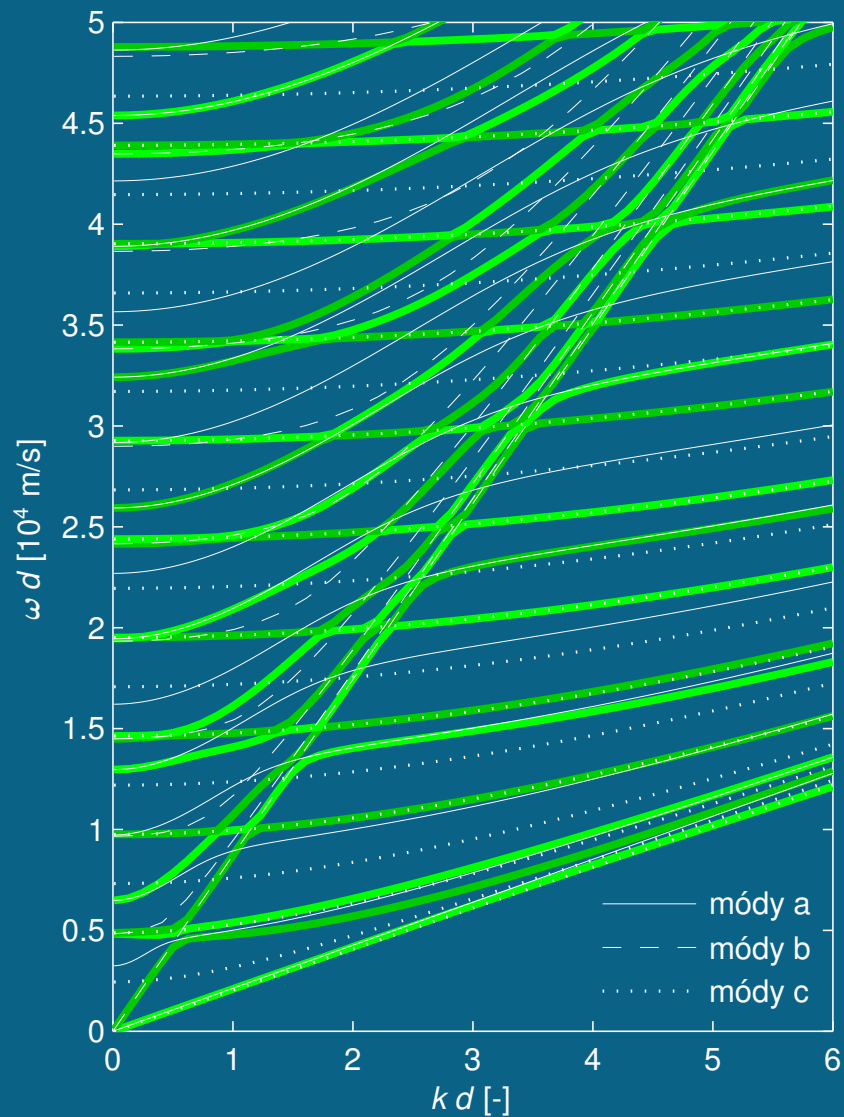


antisymetrické módy

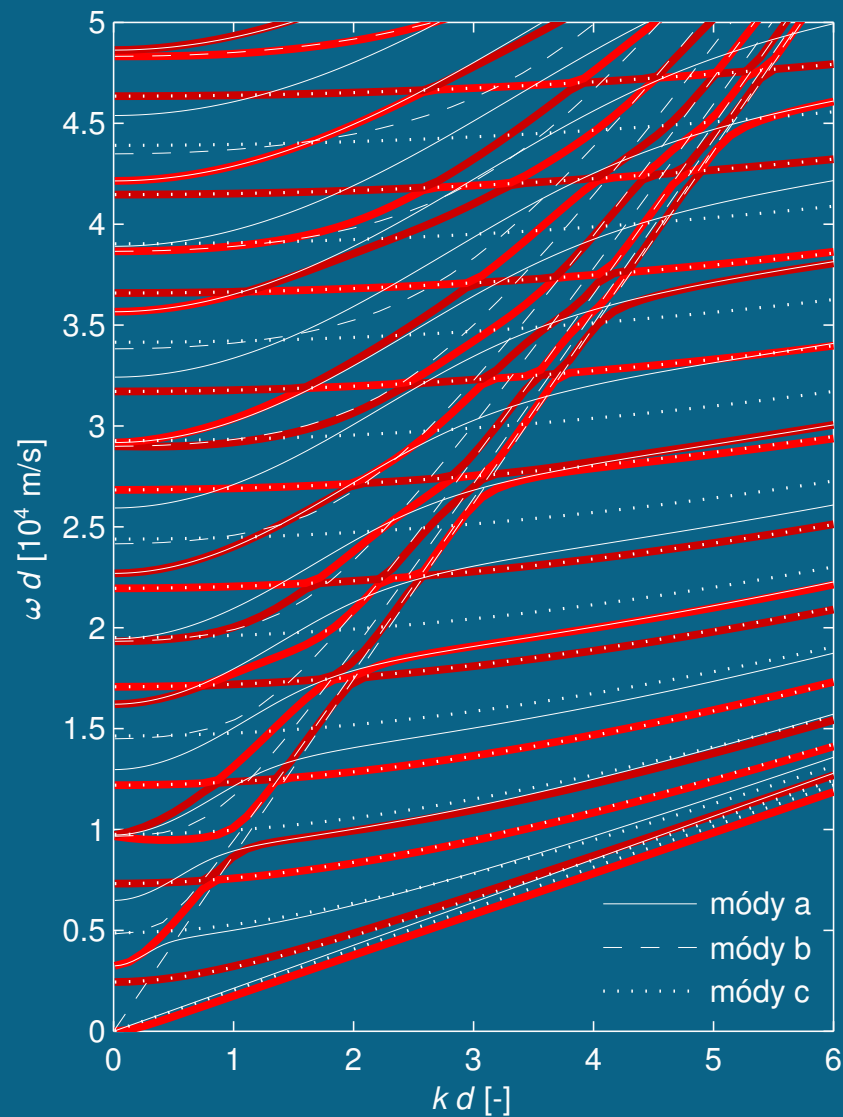


Směr šíření $\phi = 15^\circ$

symetrické módy

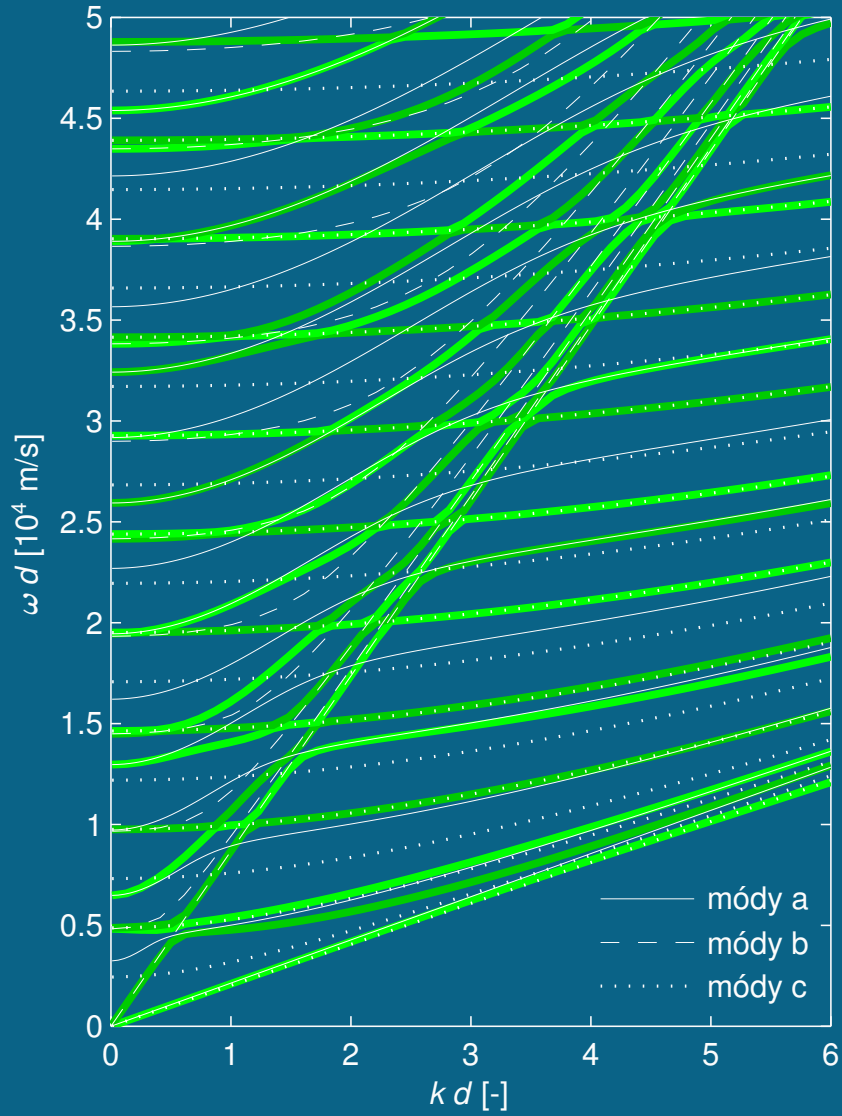


antisymetrické módy

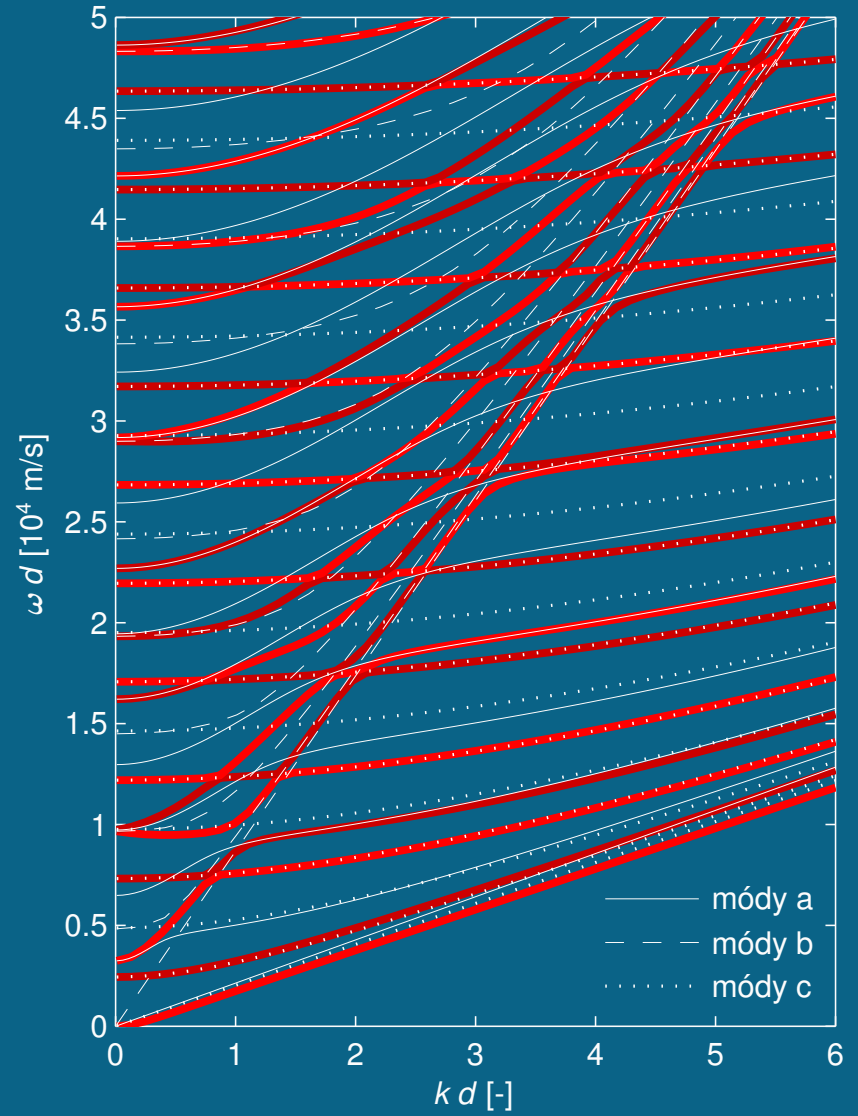


Směr šíření $\phi = 16^\circ$

symetrické módy

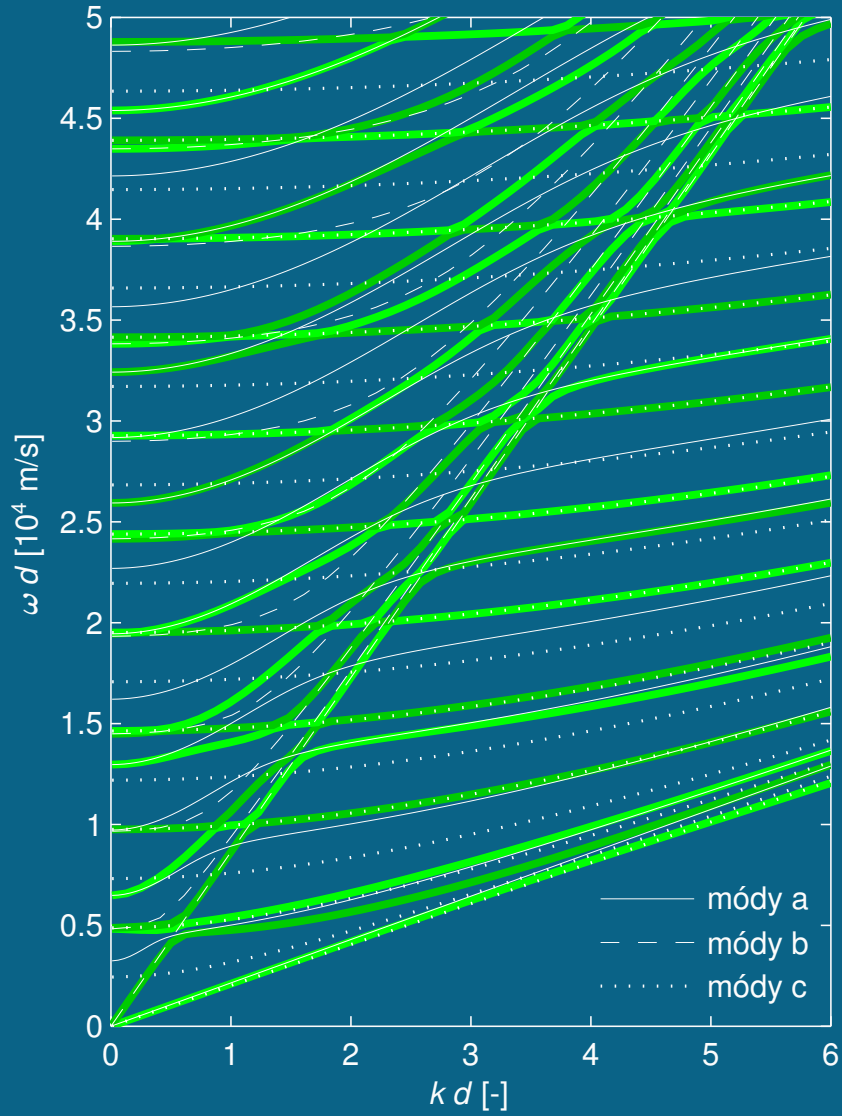


antisymetrické módy

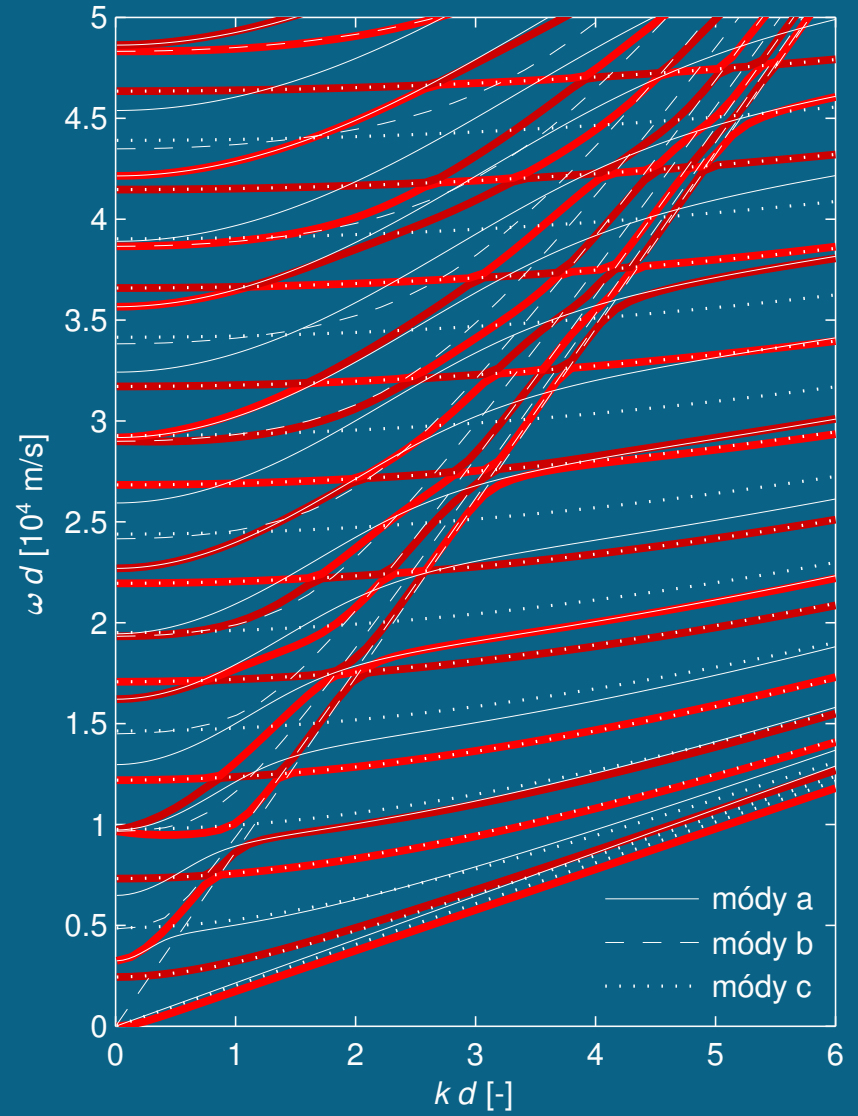


Směr šíření $\phi = 17^\circ$

symetrické módy

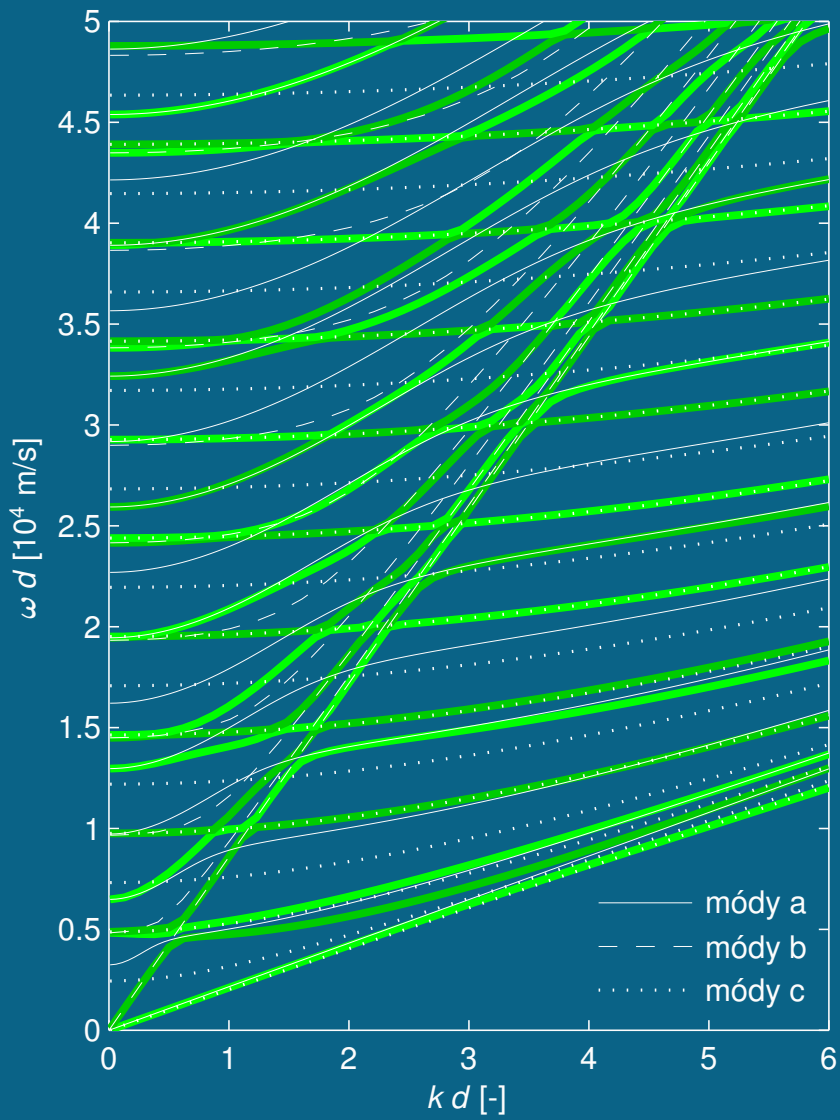


antisymetrické módy

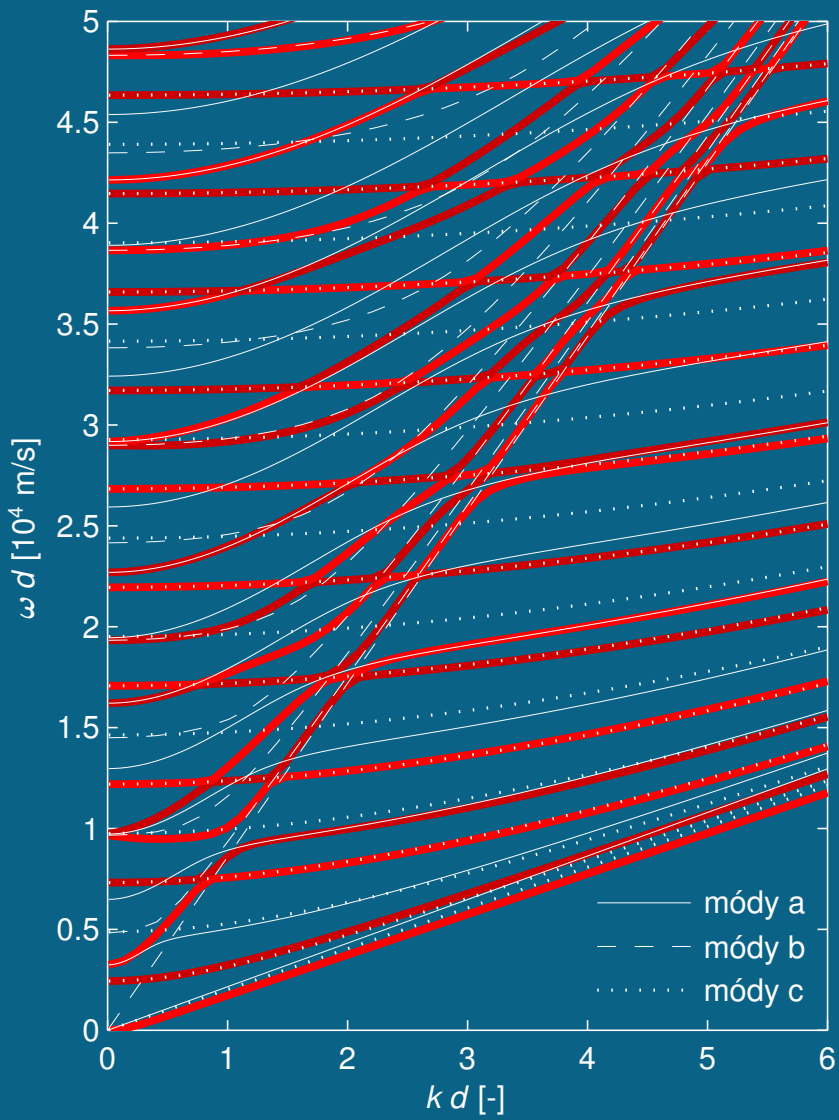


Směr šíření $\phi = 18^\circ$

symetrické módy

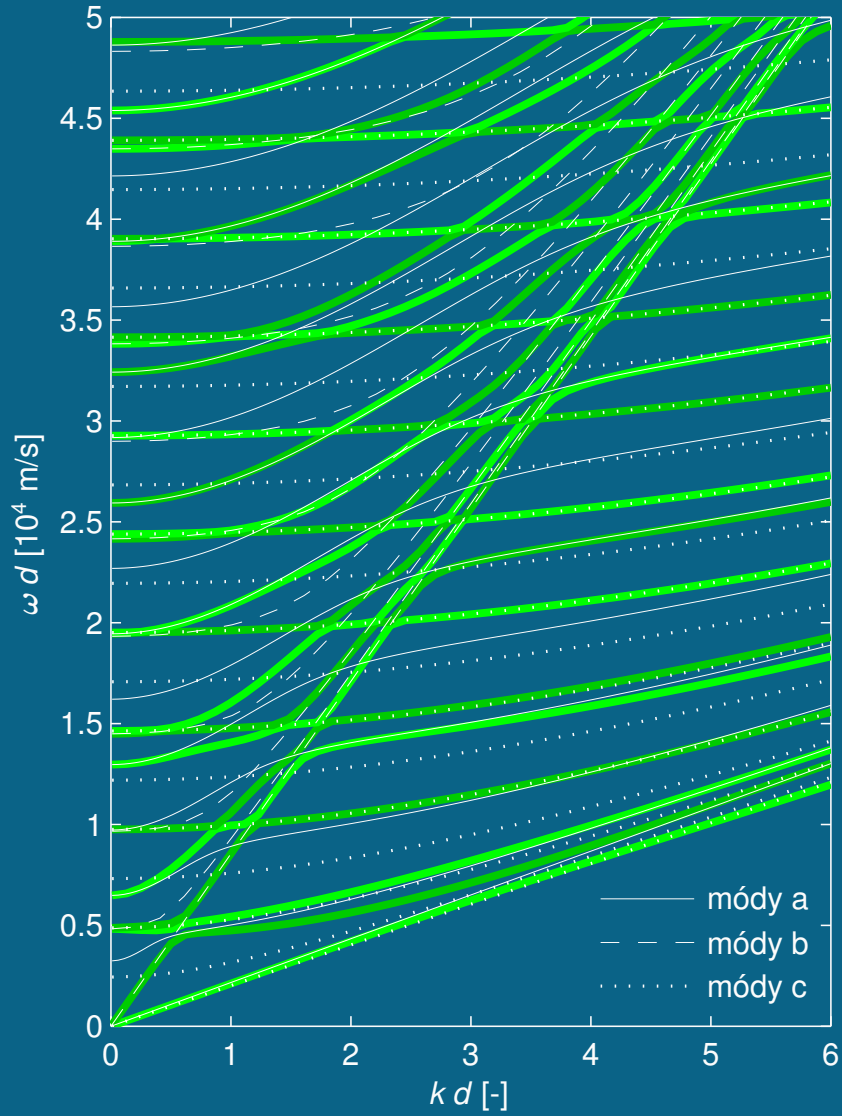


antisymetrické módy

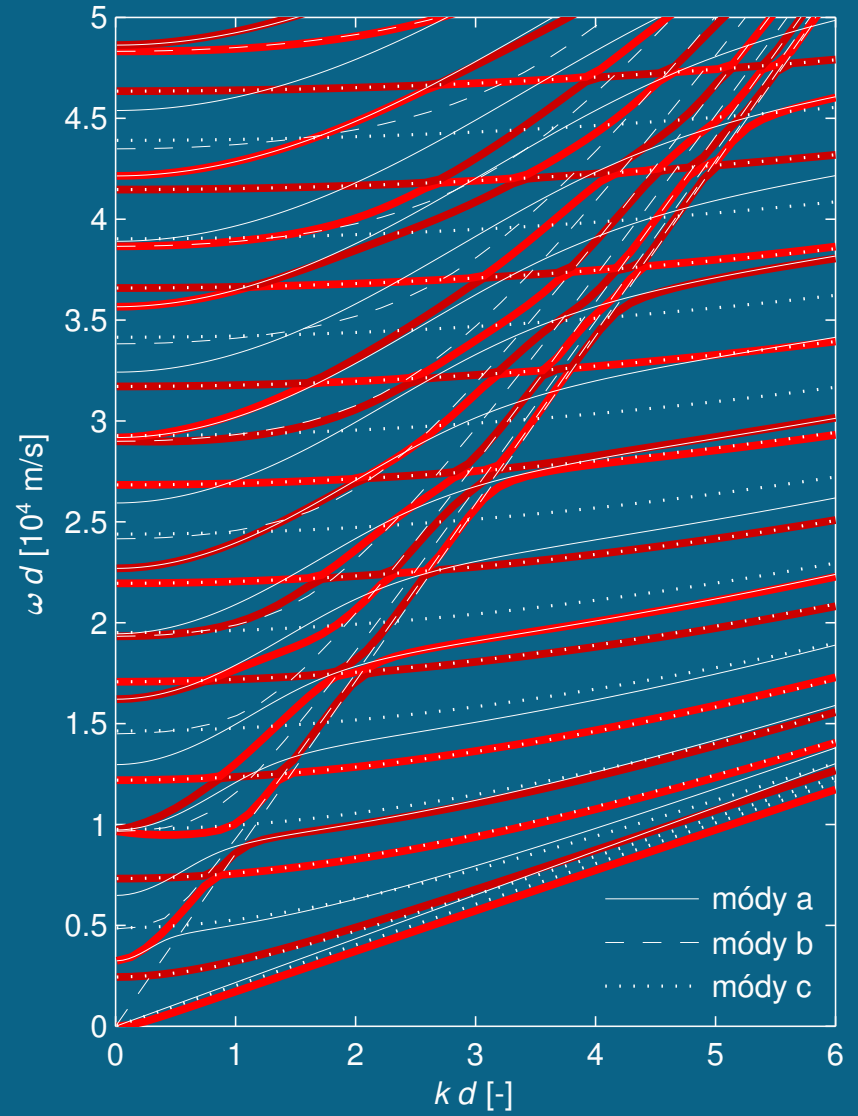


Směr šíření $\phi = 19^\circ$

symetrické módy

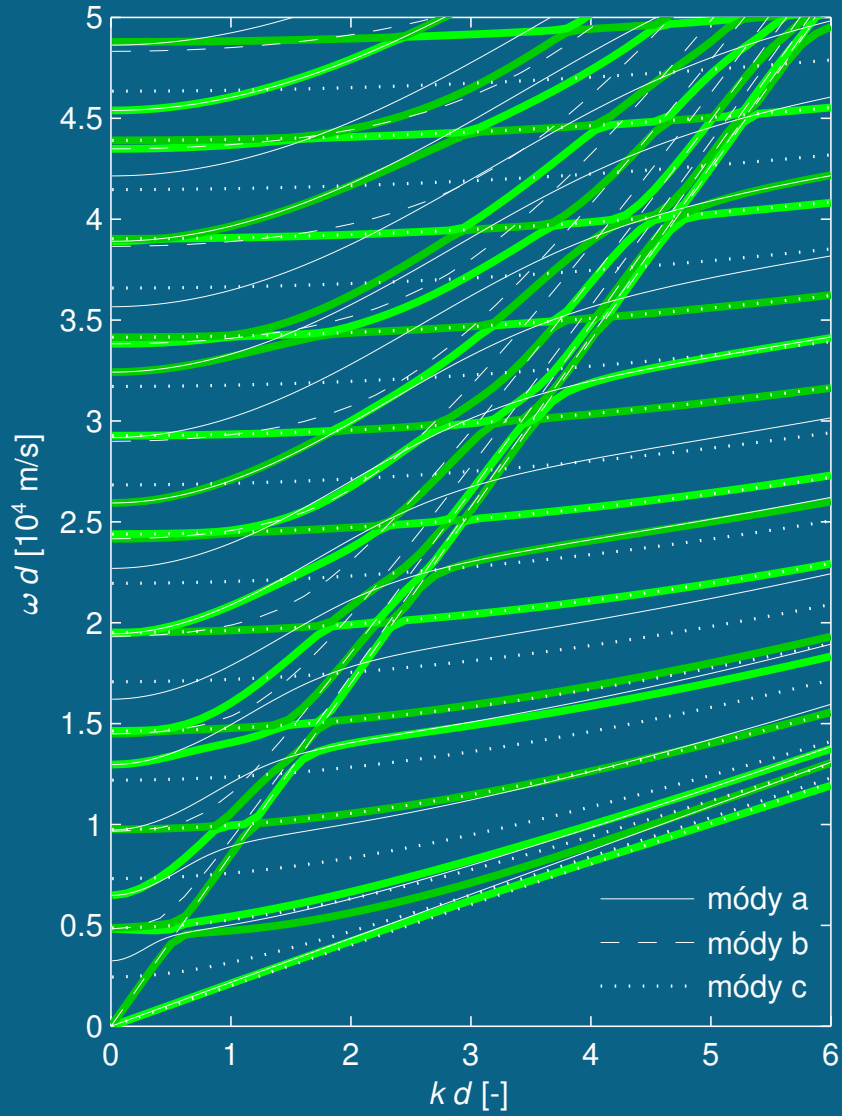


antisymetrické módy

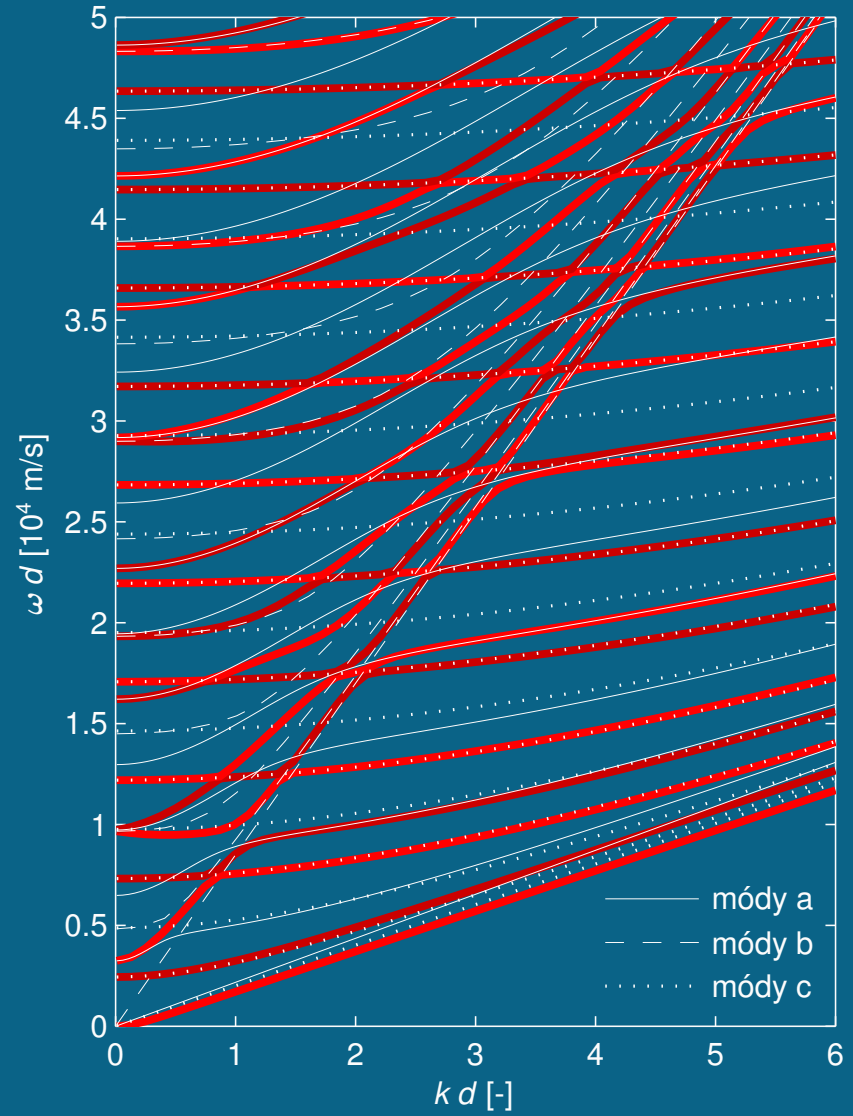


Směr šíření $\phi = 20^\circ$

symetrické módy

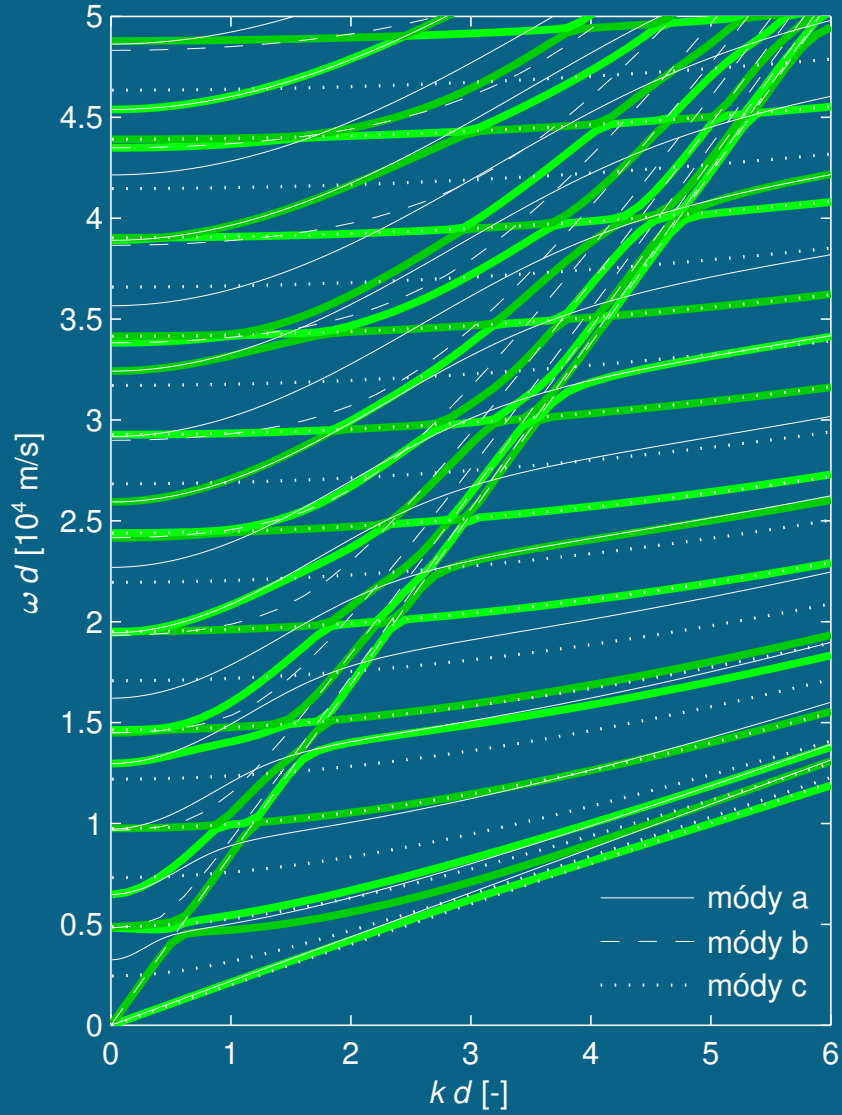


antisymetrické módy

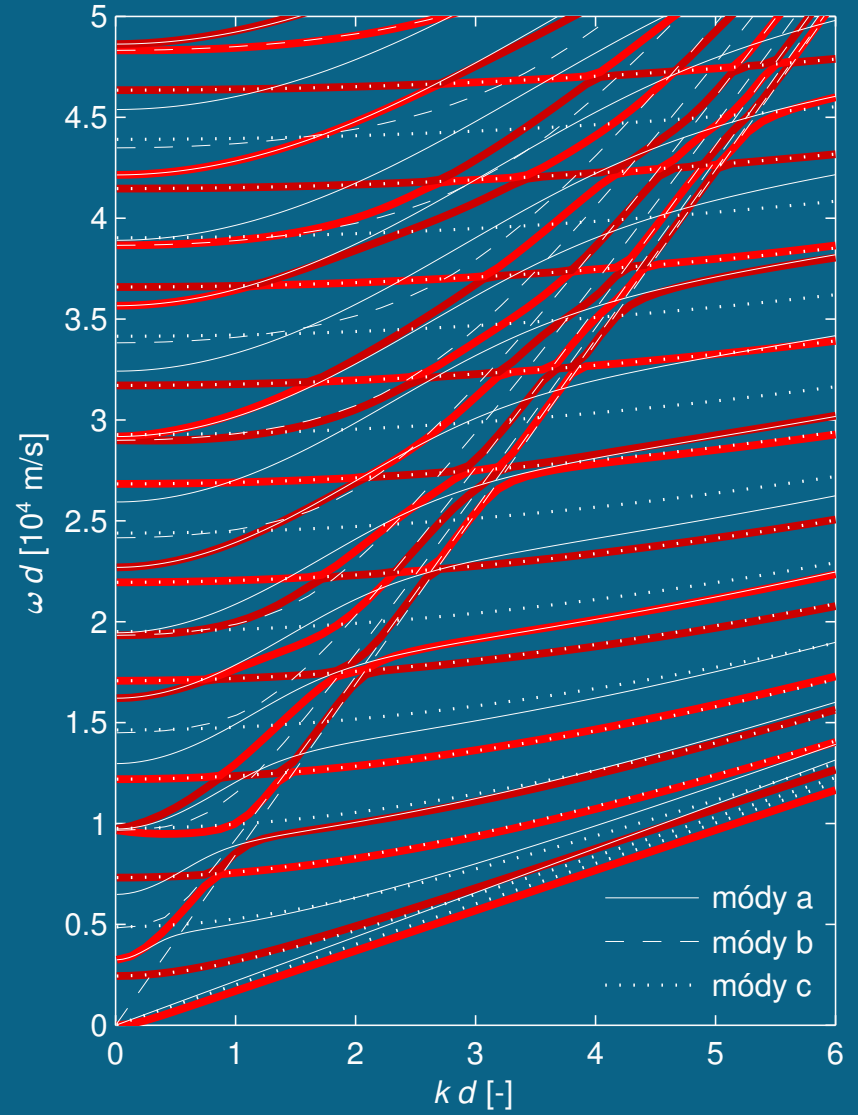


Směr šíření $\phi = 21^\circ$

symetrické módy

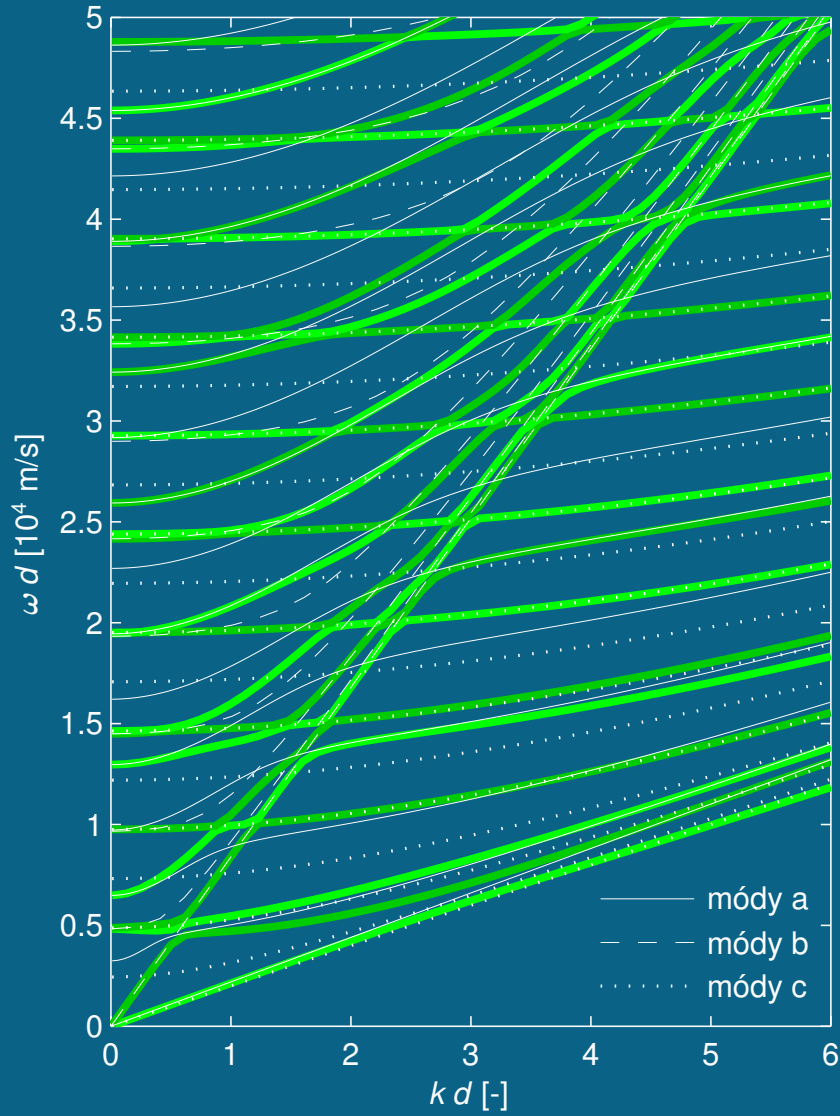


antisymetrické módy

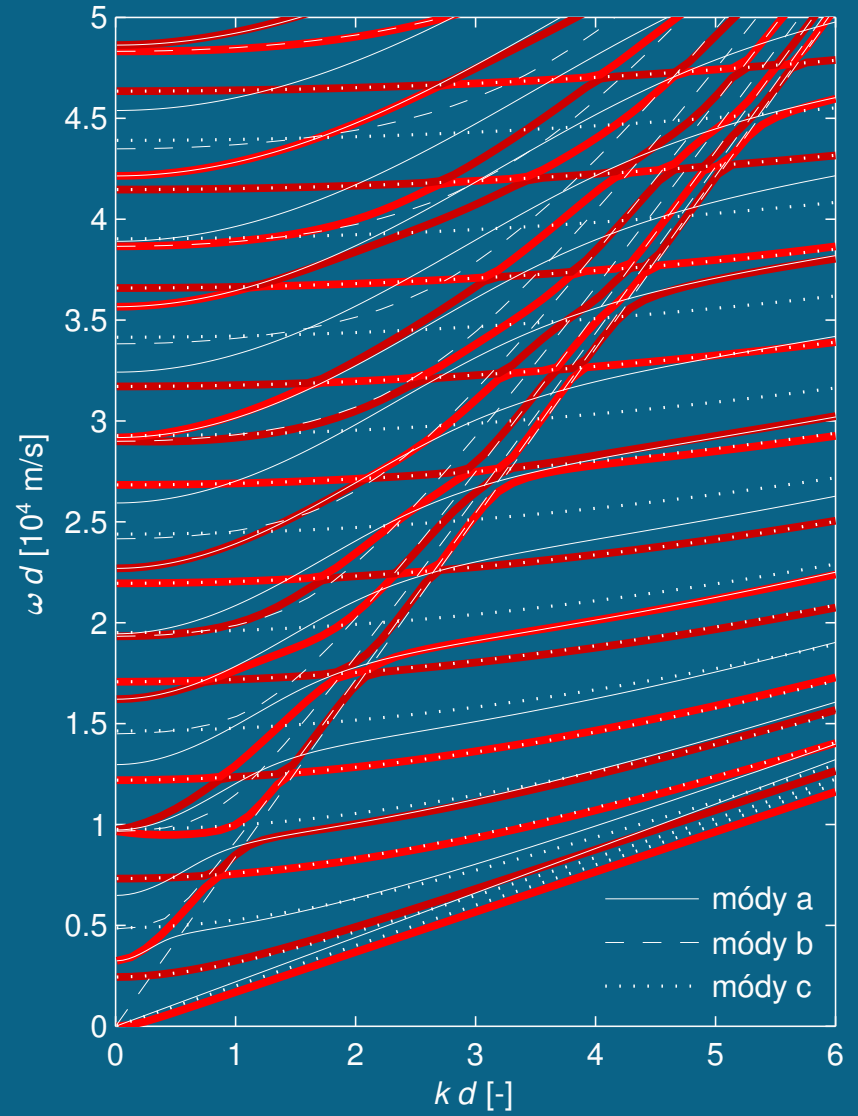


Směr šíření $\phi = 22^\circ$

symetrické módy

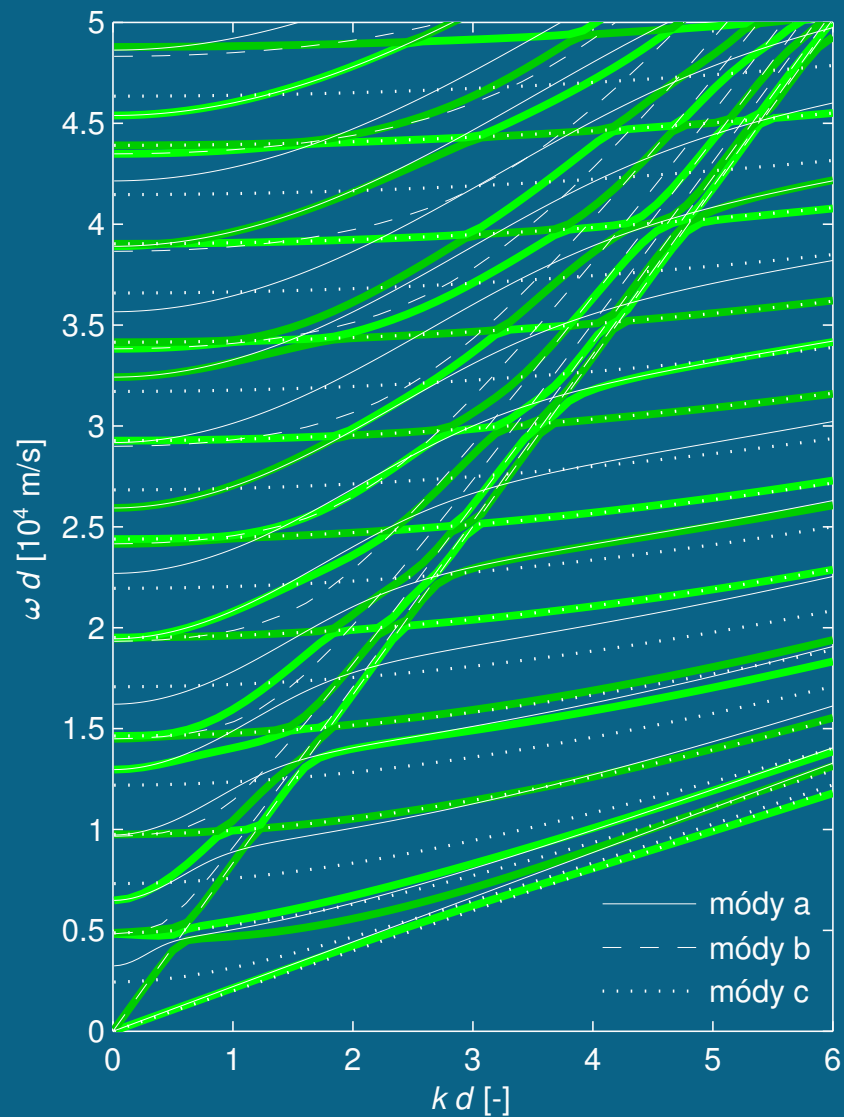


antisymetrické módy

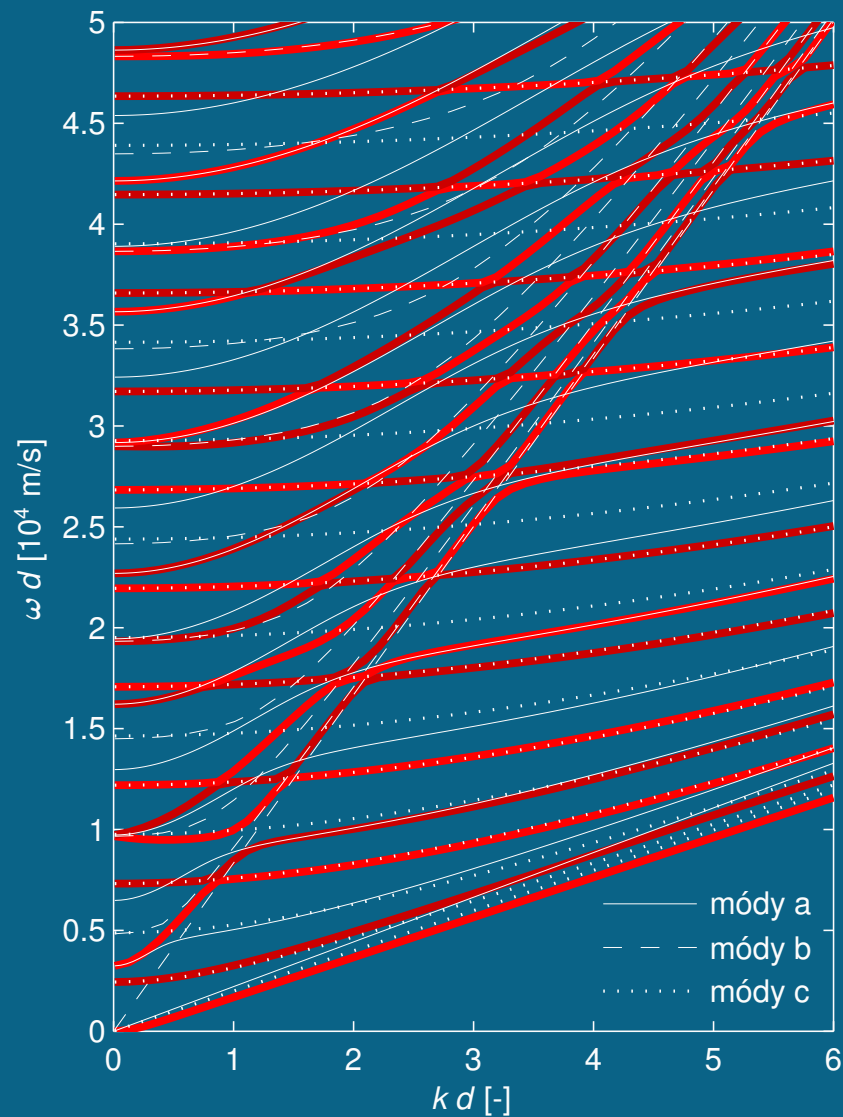


Směr šíření $\phi = 23^\circ$

symetrické módy

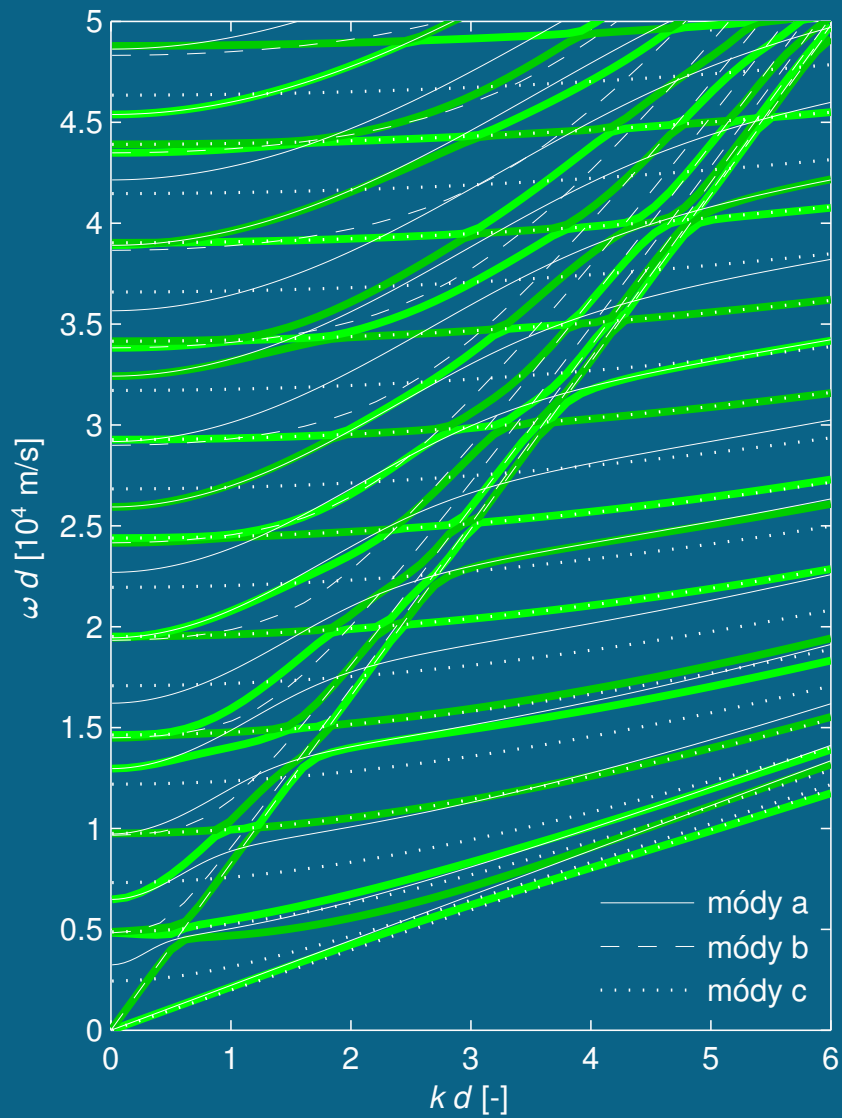


antisymetrické módy

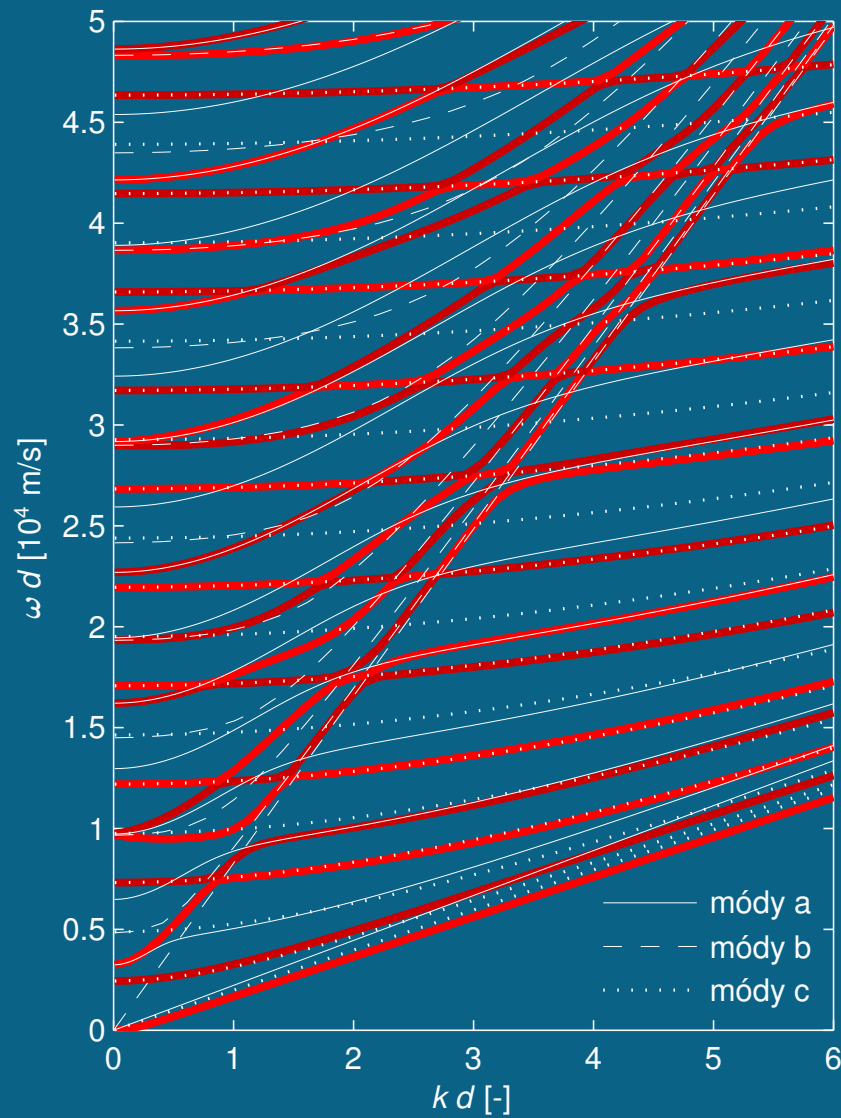


Směr šíření $\phi = 24^\circ$

symetrické módy

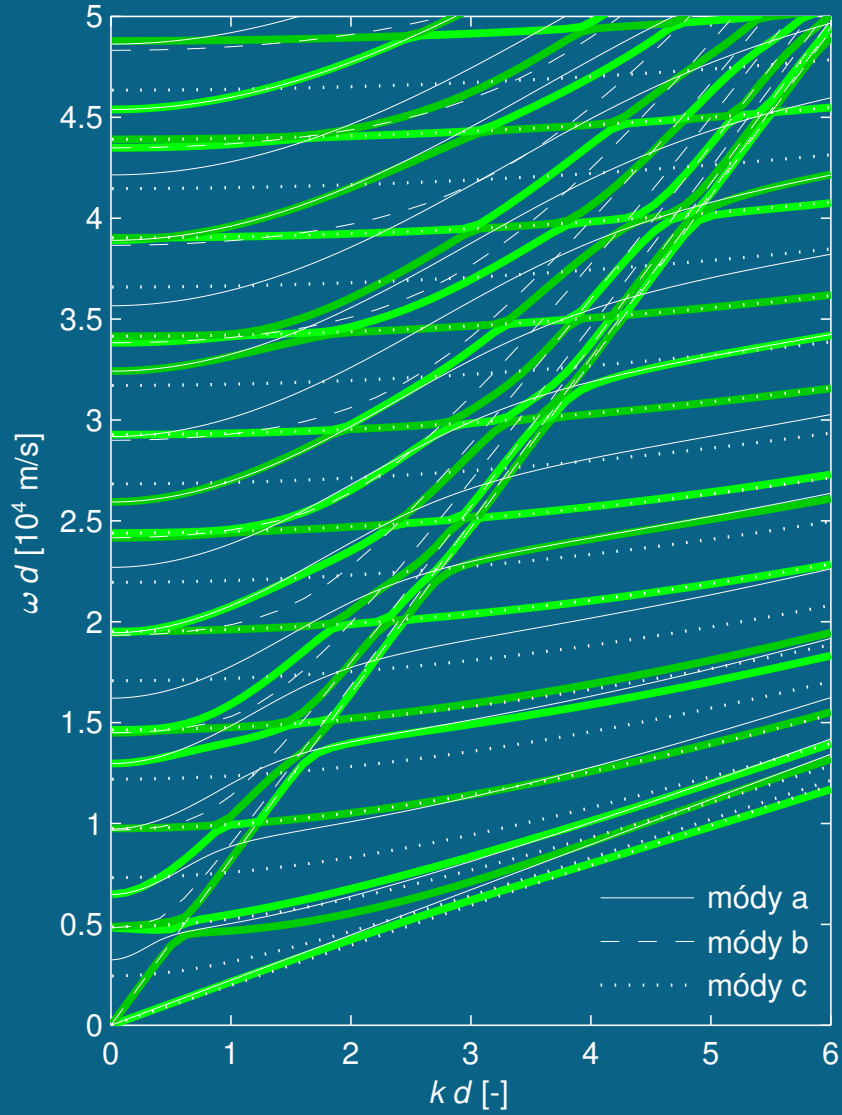


antisymetrické módy

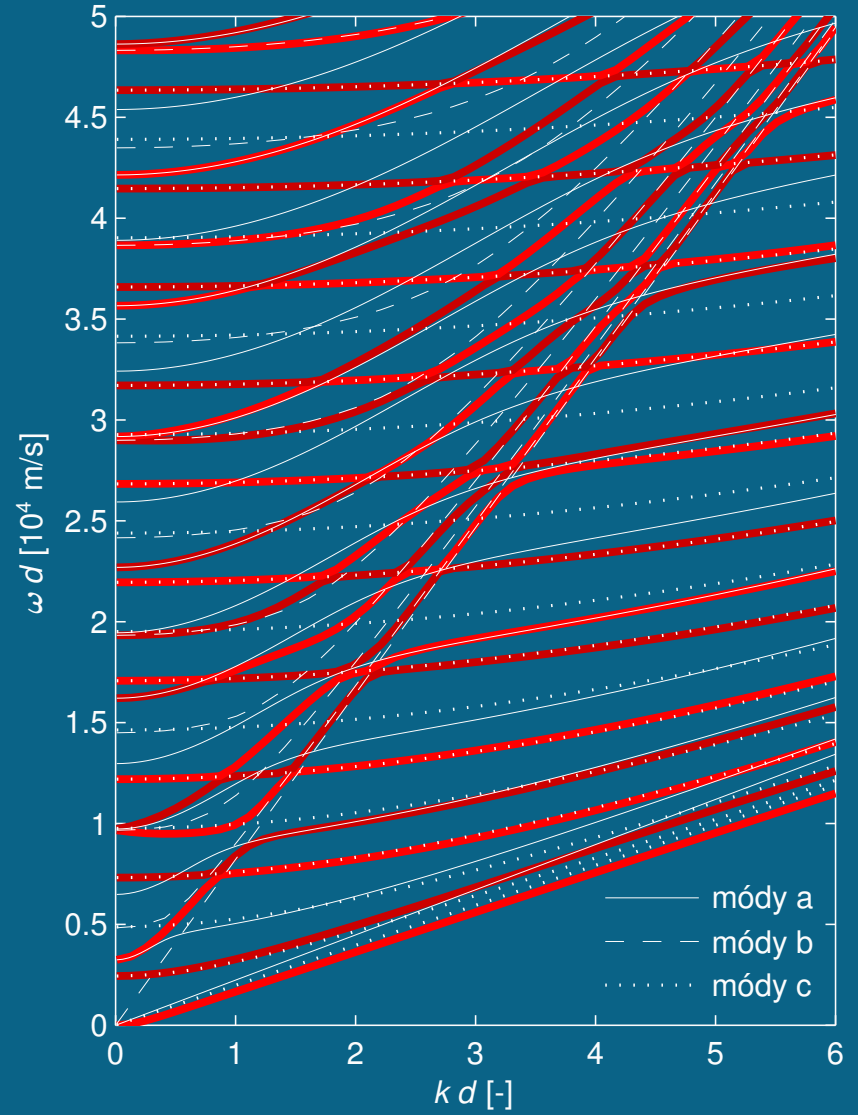


Směr šíření $\phi = 25^\circ$

symetrické módy

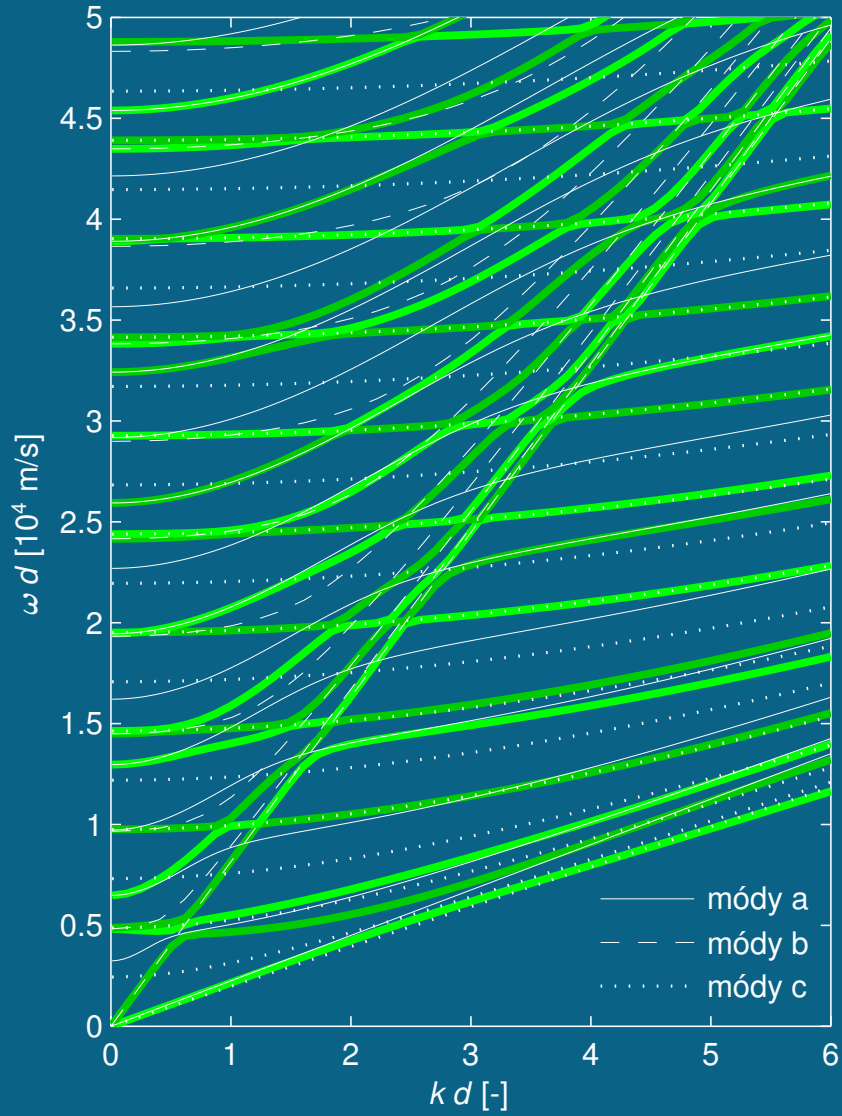


antisymetrické módy

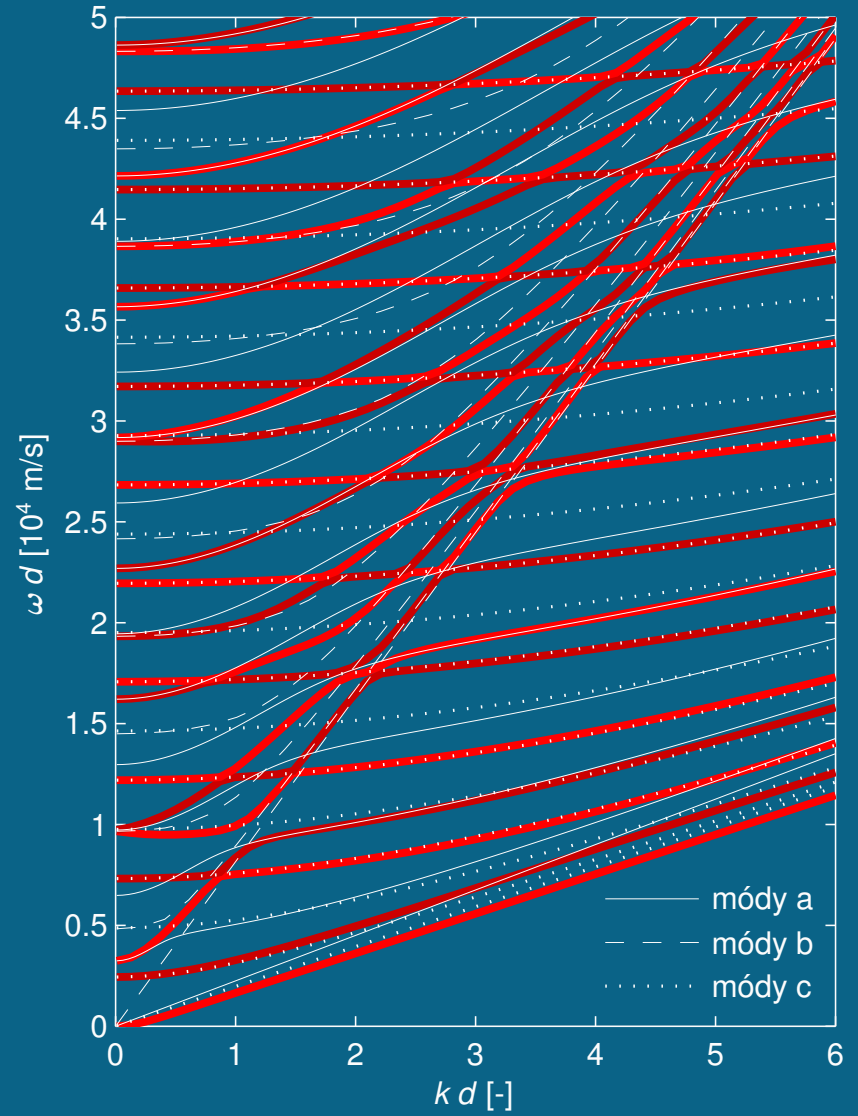


Směr šíření $\phi = 26^\circ$

symetrické módy

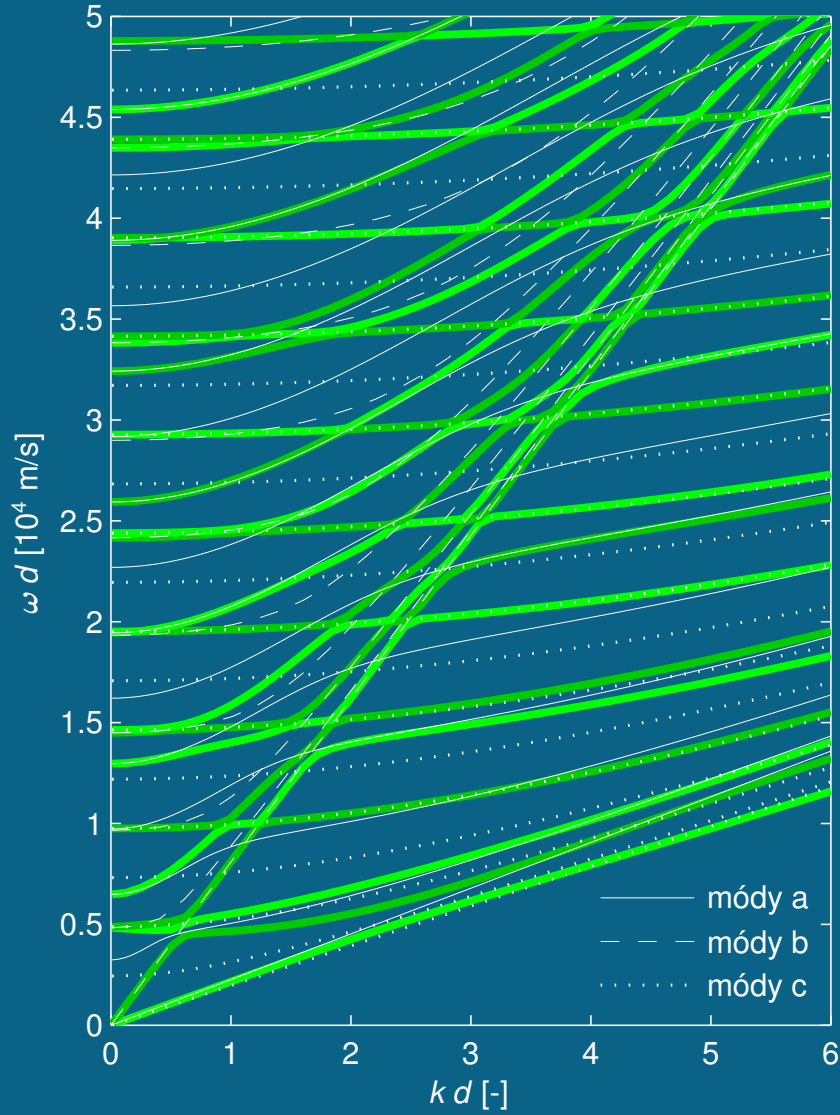


antisymetrické módy

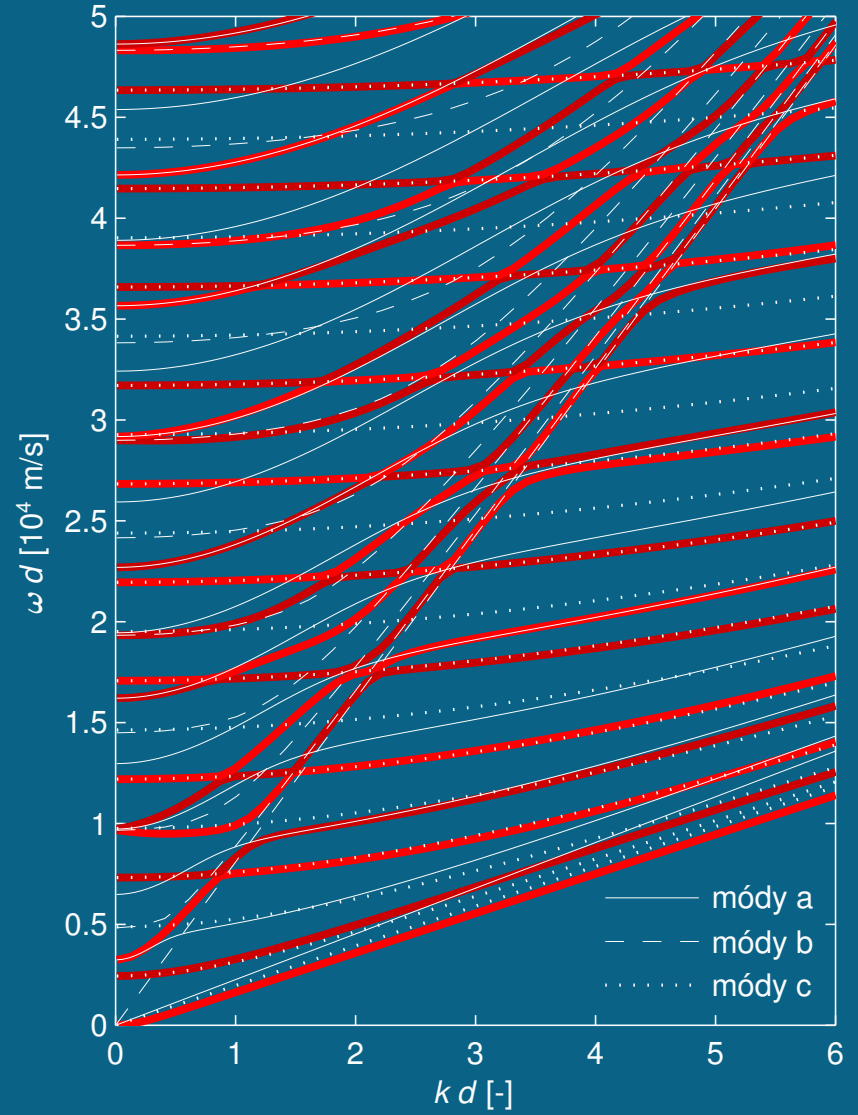


Směr šíření $\phi = 27^\circ$

symetrické módy

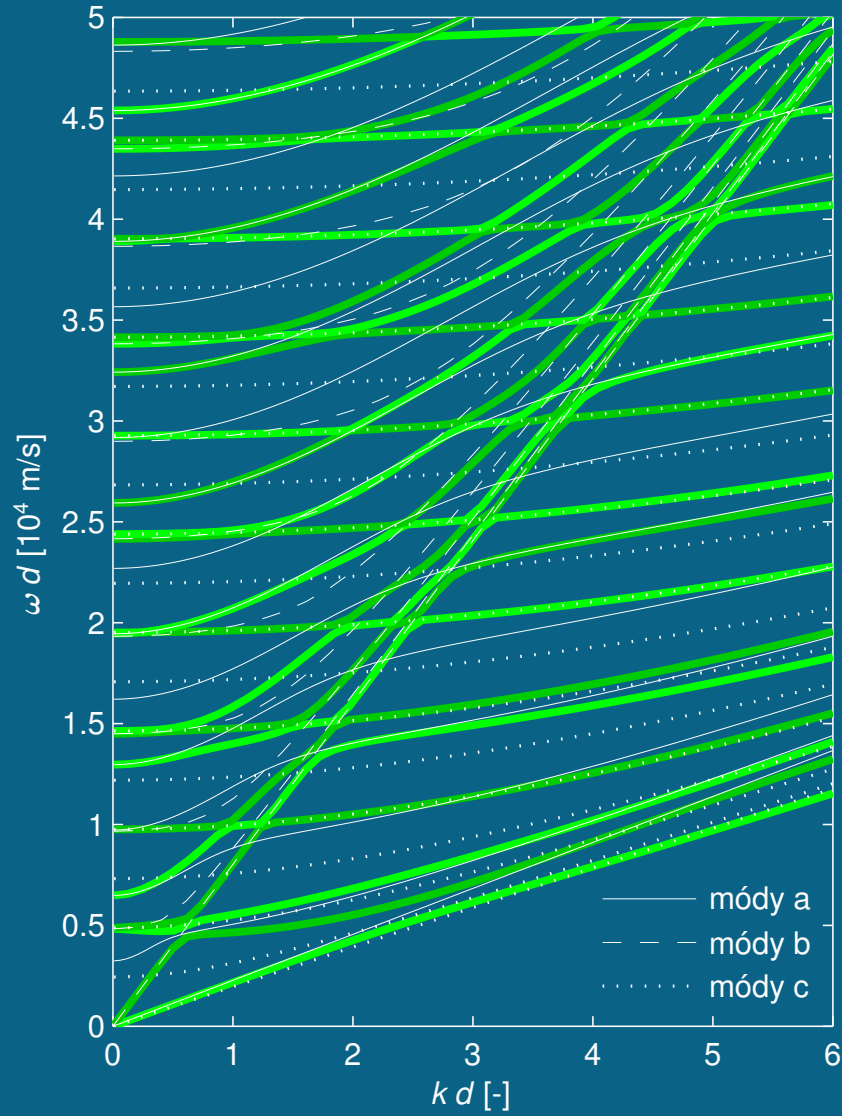


antisymetrické módy

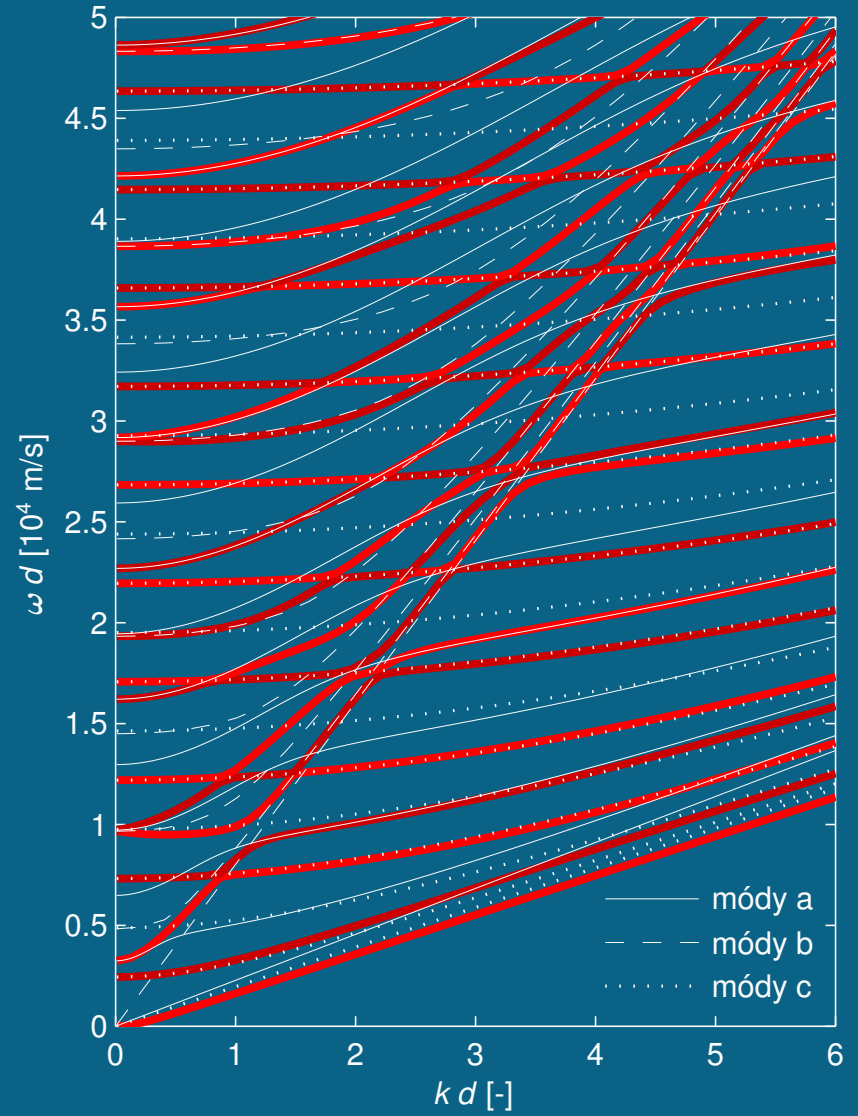


Směr šíření $\phi = 28^\circ$

symetrické módy

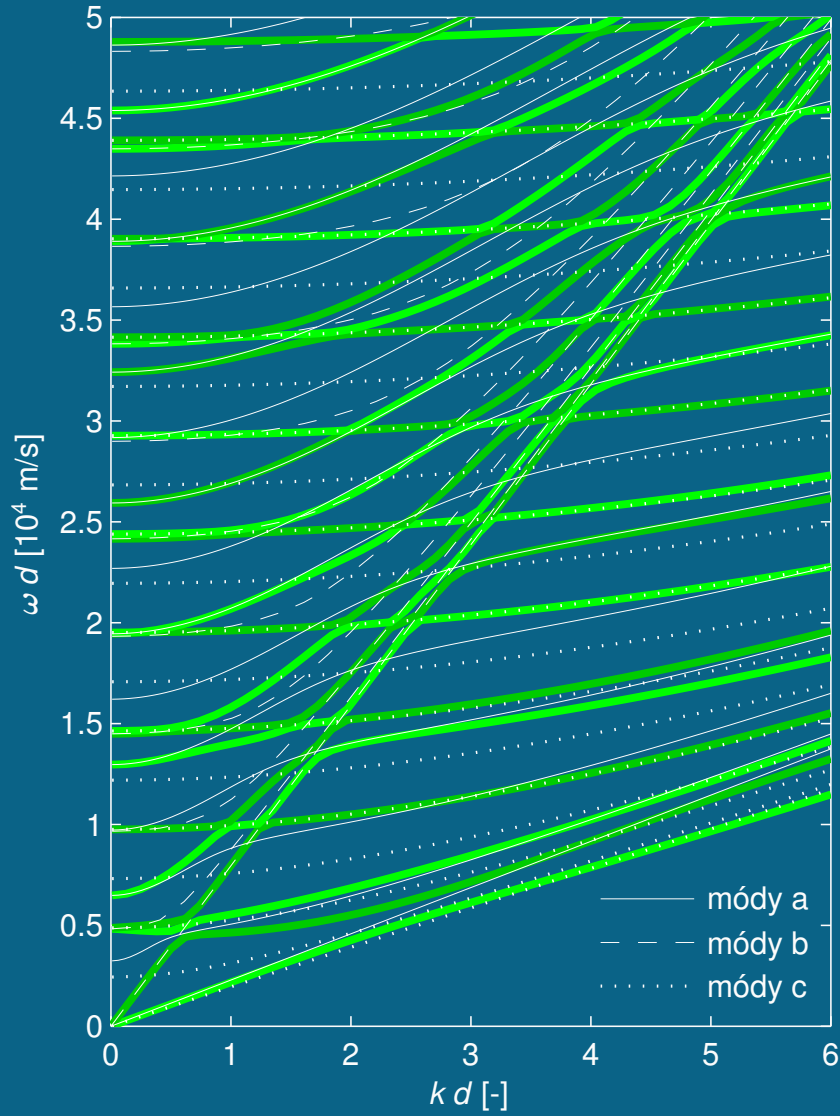


antisymetrické módy

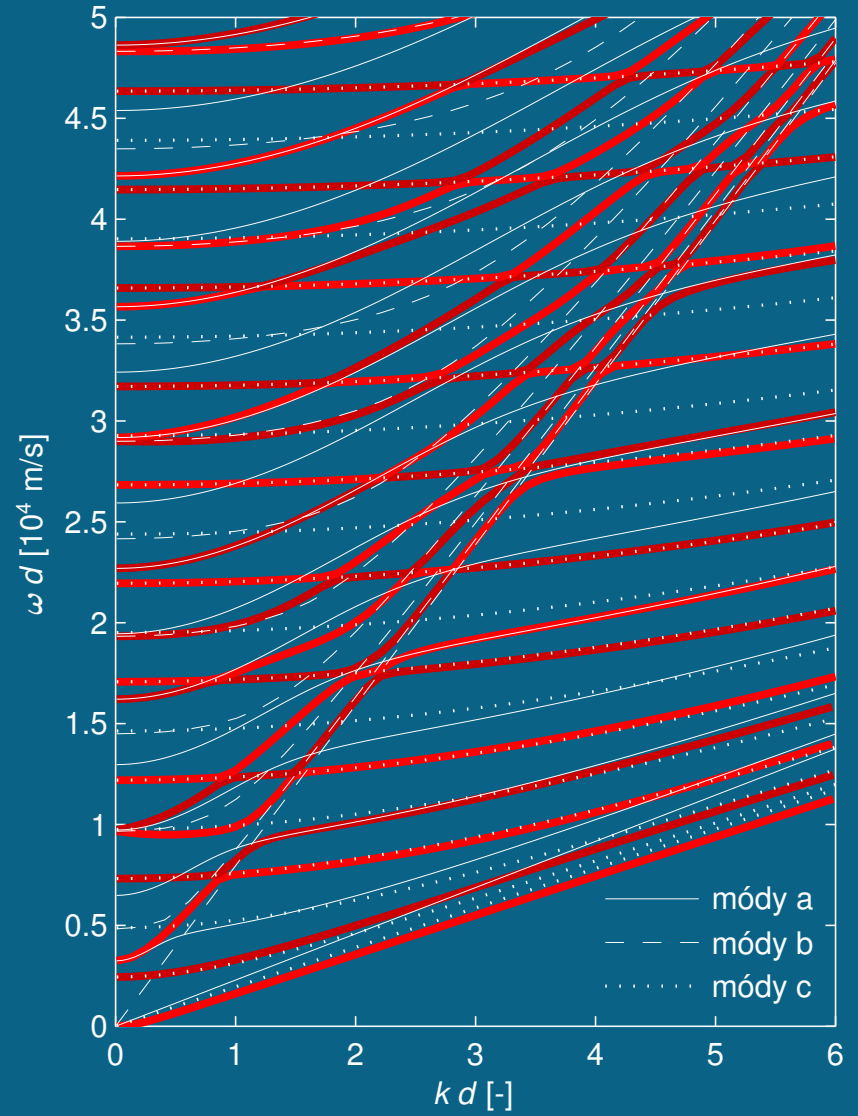


Směr šíření $\phi = 29^\circ$

symetrické módy

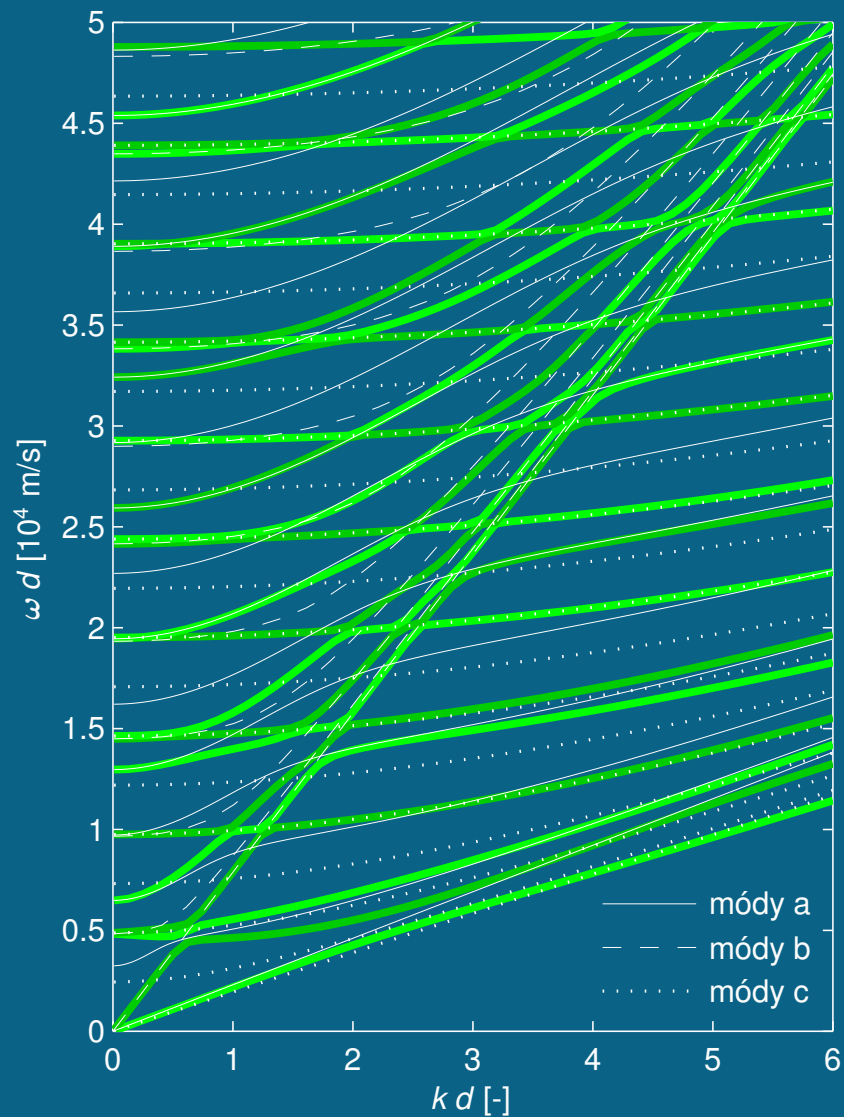


antisymetrické módy

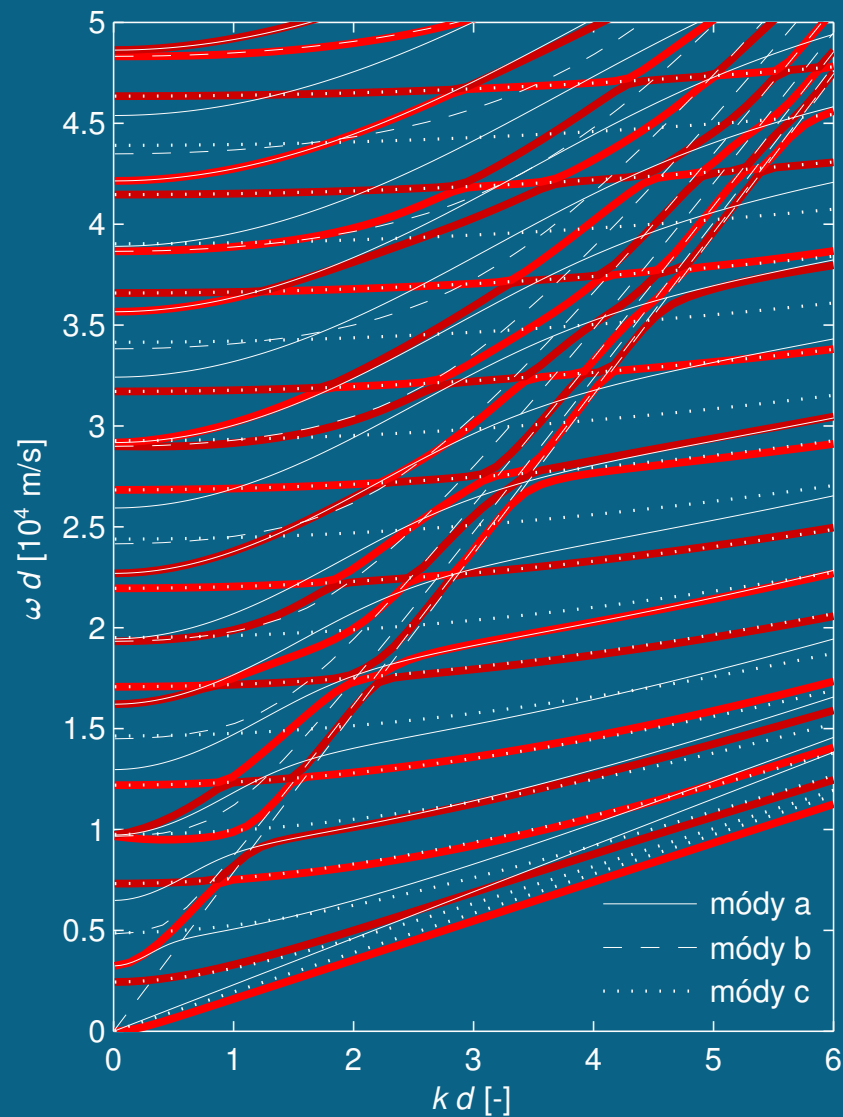


Směr šíření $\phi = 30^\circ$

symetrické módy

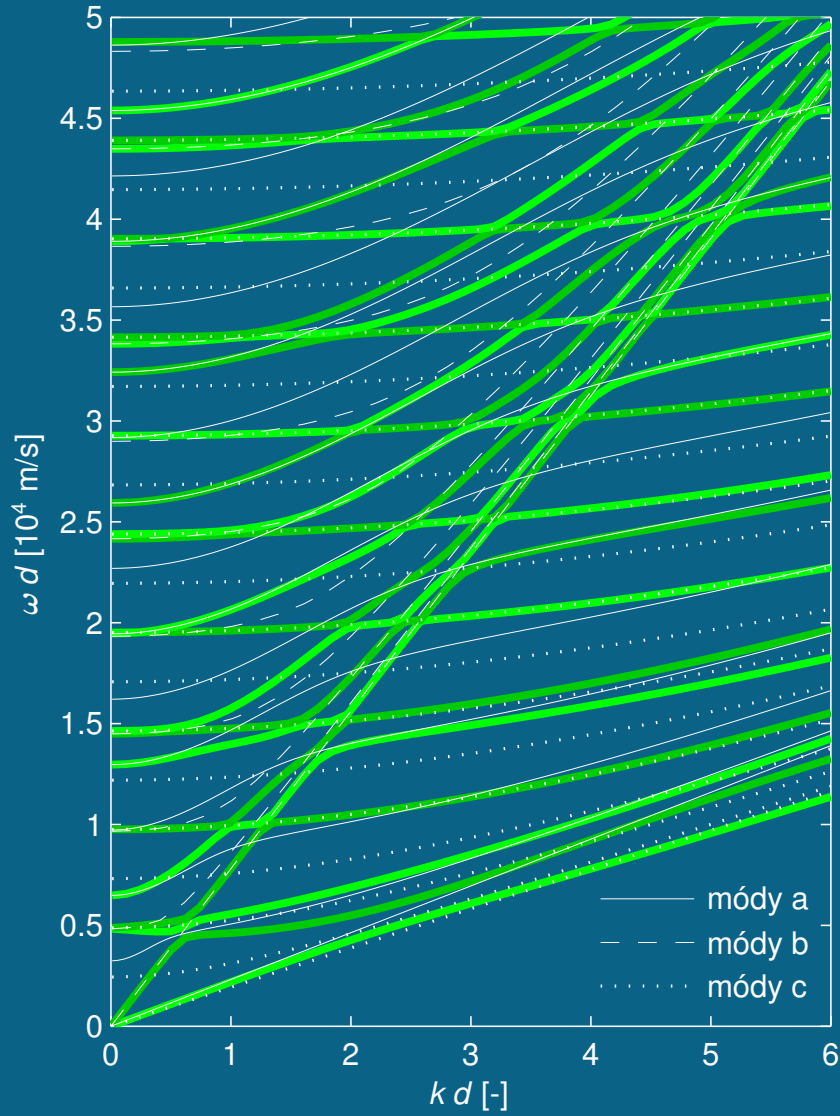


antisymetrické módy

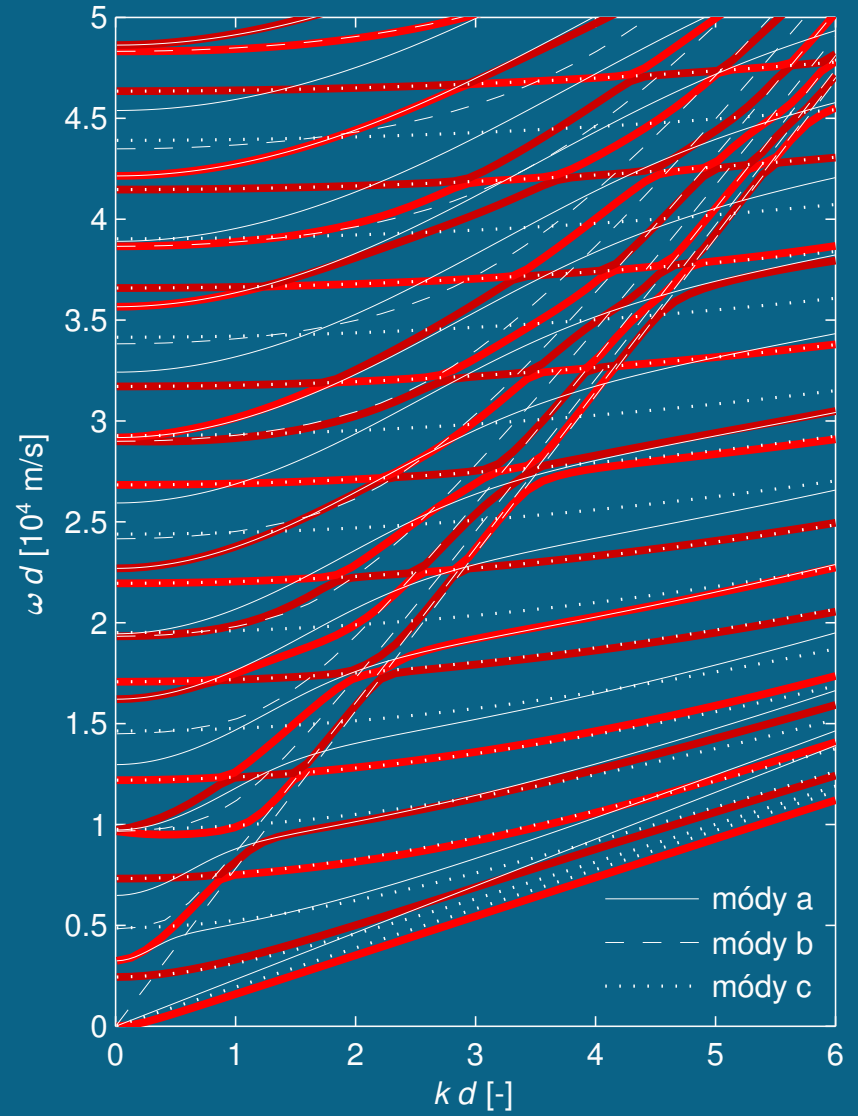


Směr šíření $\phi = 31^\circ$

symetrické módy

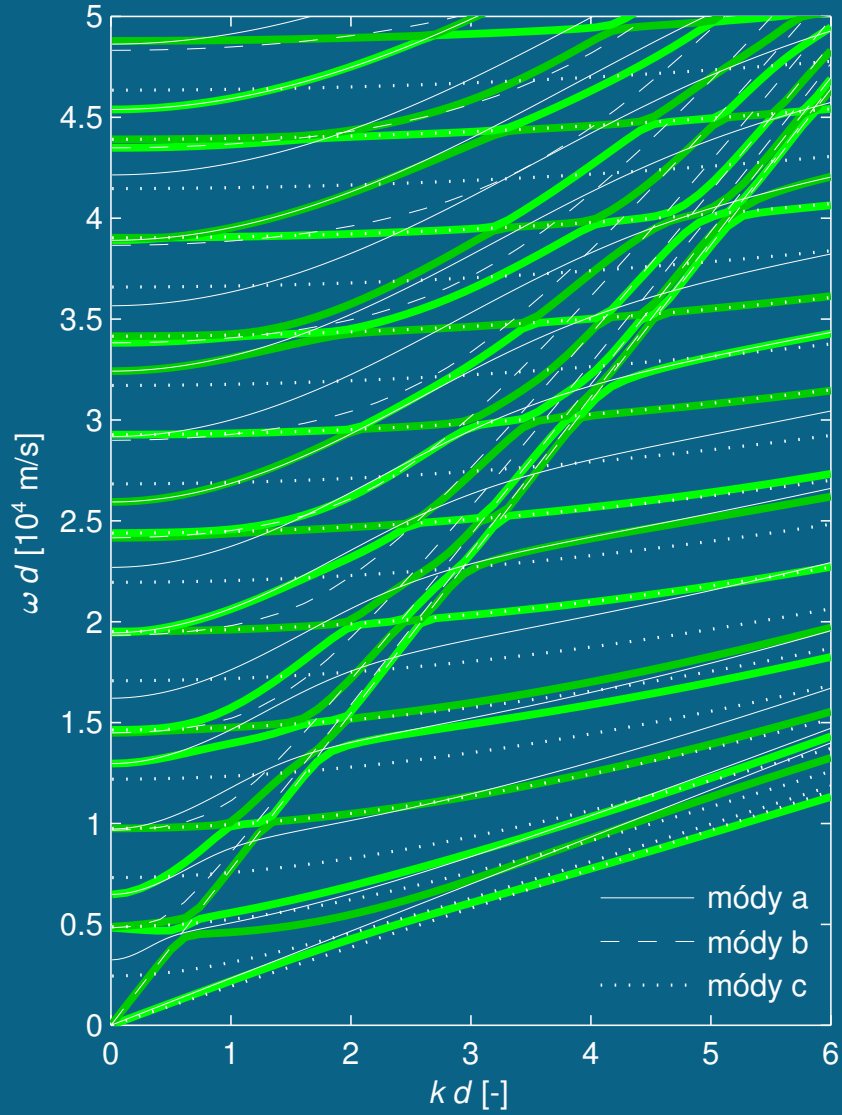


antisymetrické módy

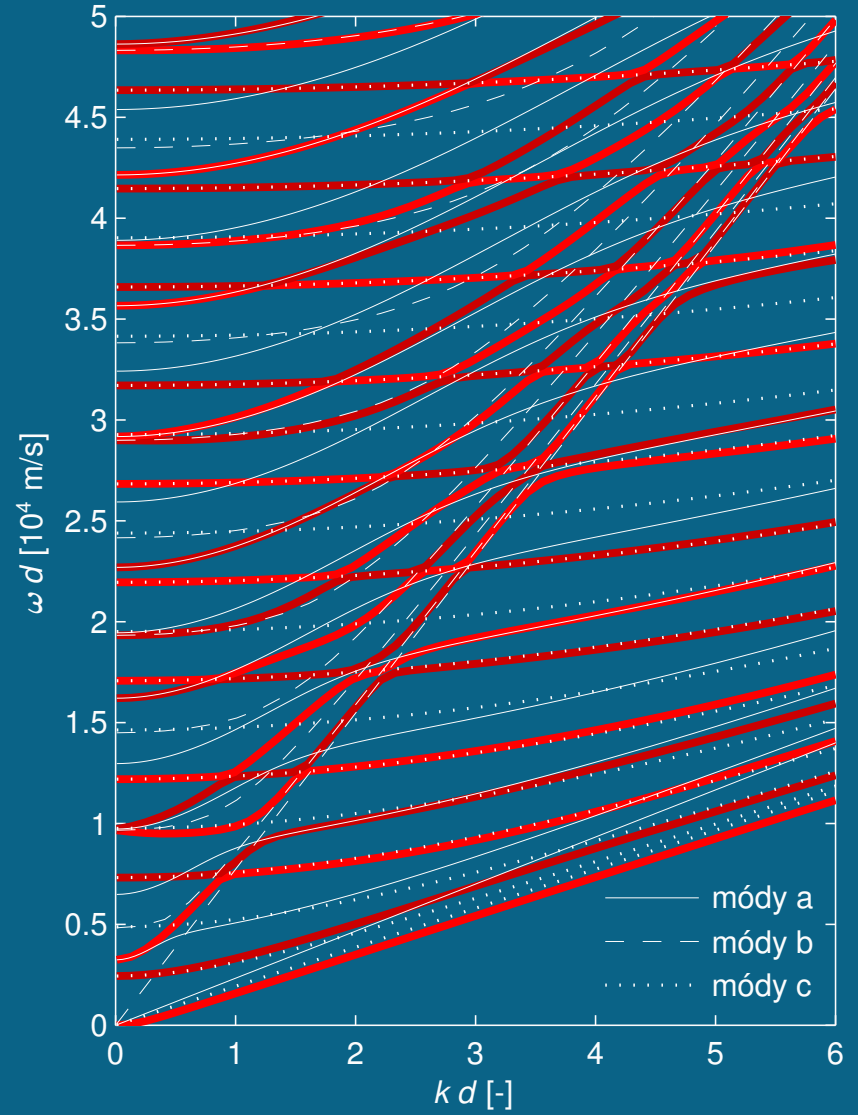


Směr šíření $\phi = 32^\circ$

symetrické módy

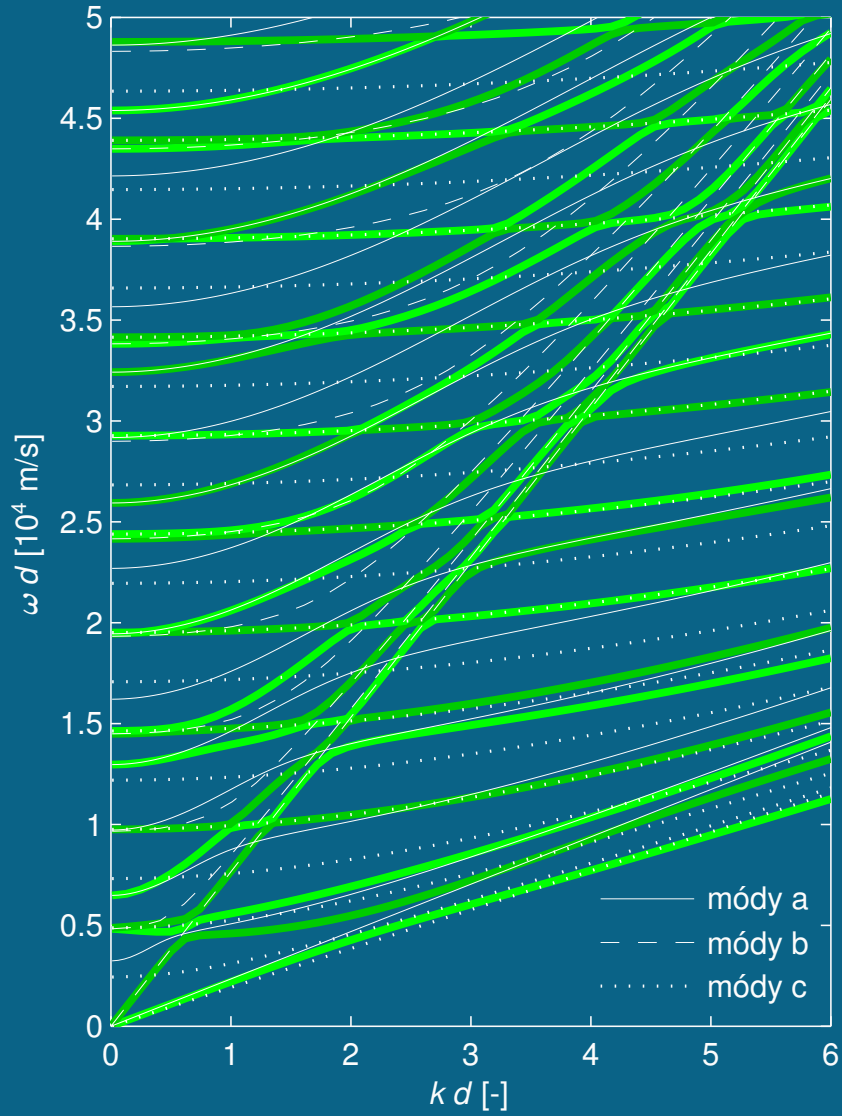


antisymetrické módy

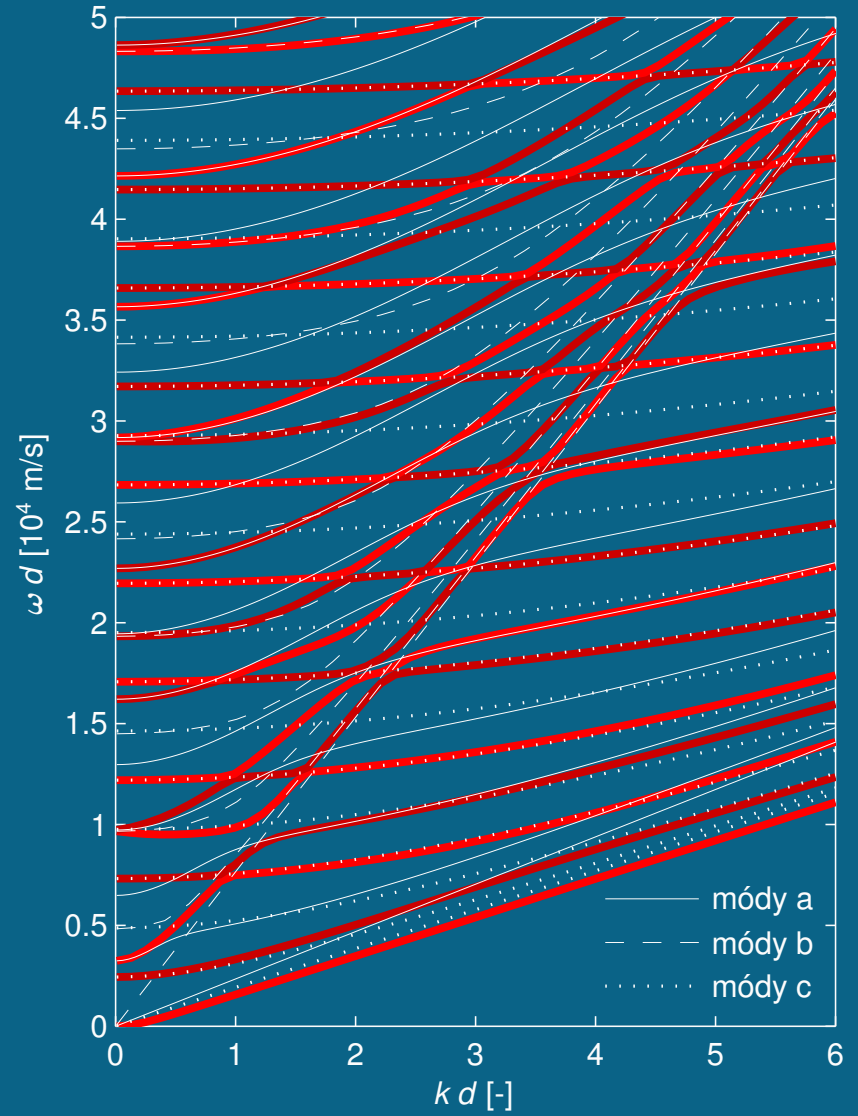


Směr šíření $\phi = 33^\circ$

symetrické módy

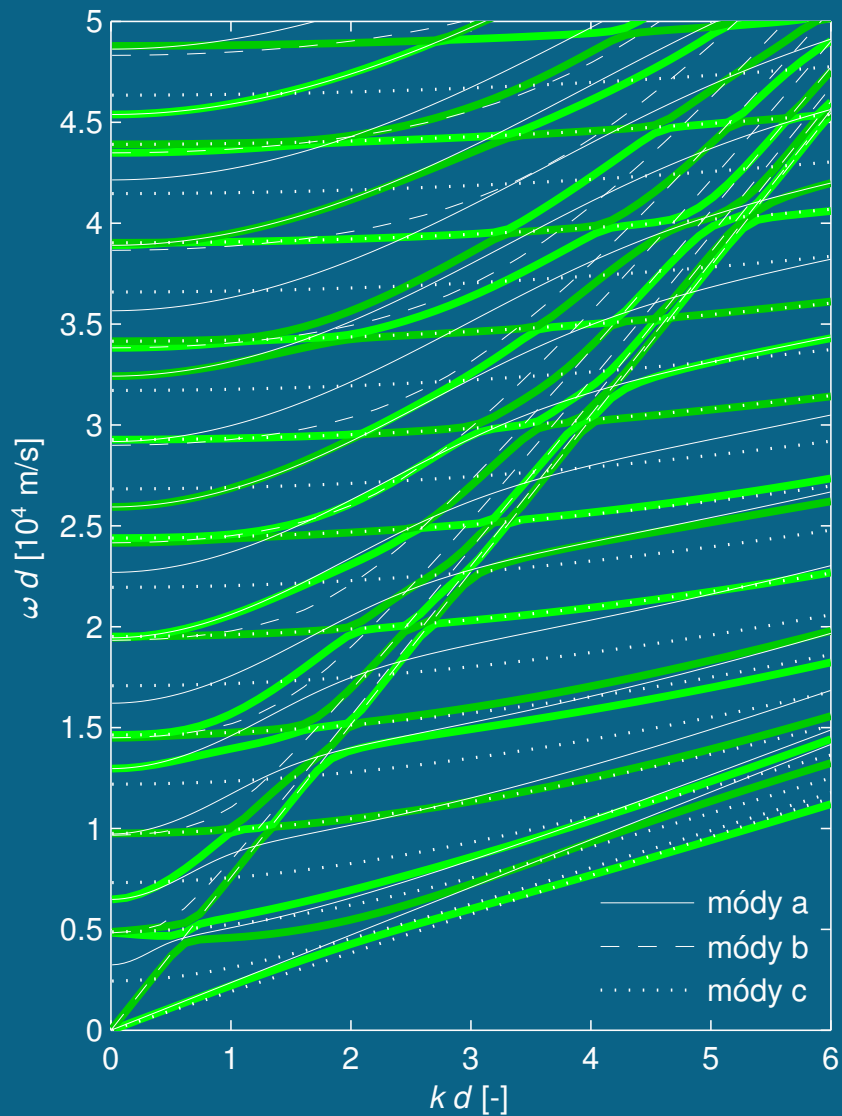


antisymetrické módy

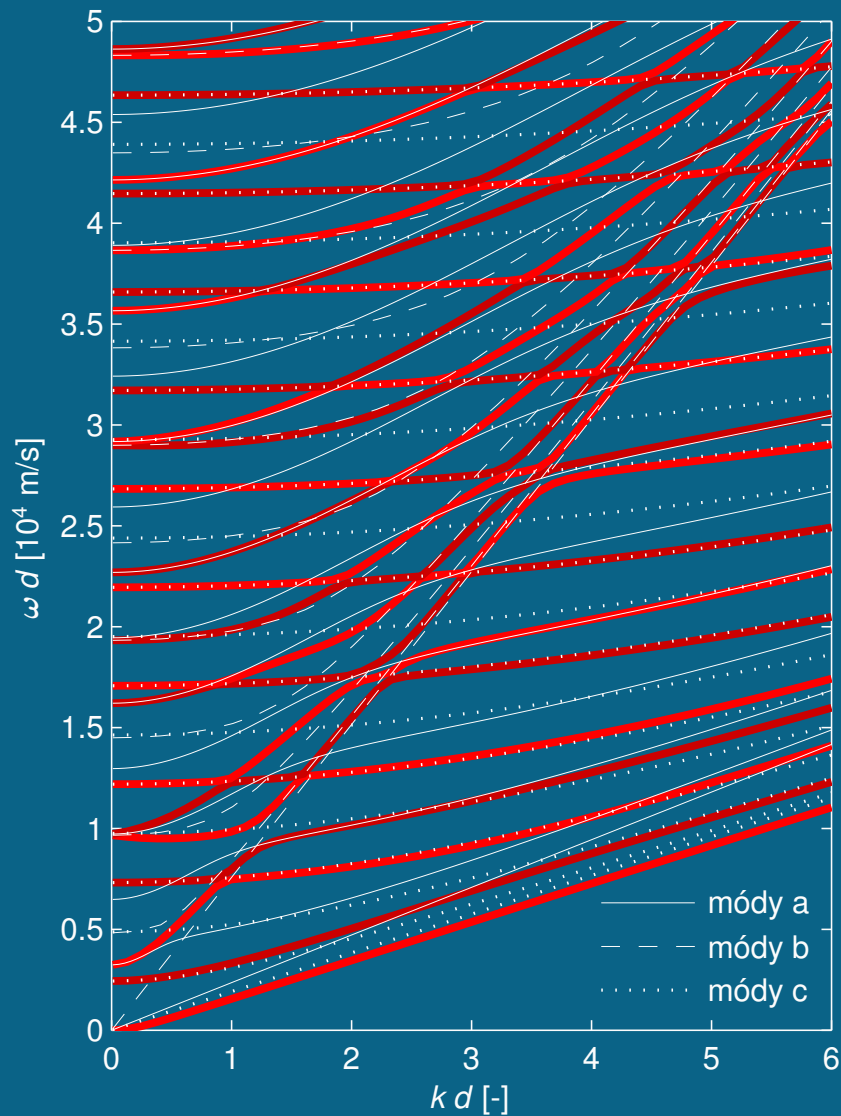


Směr šíření $\phi = 34^\circ$

symetrické módy

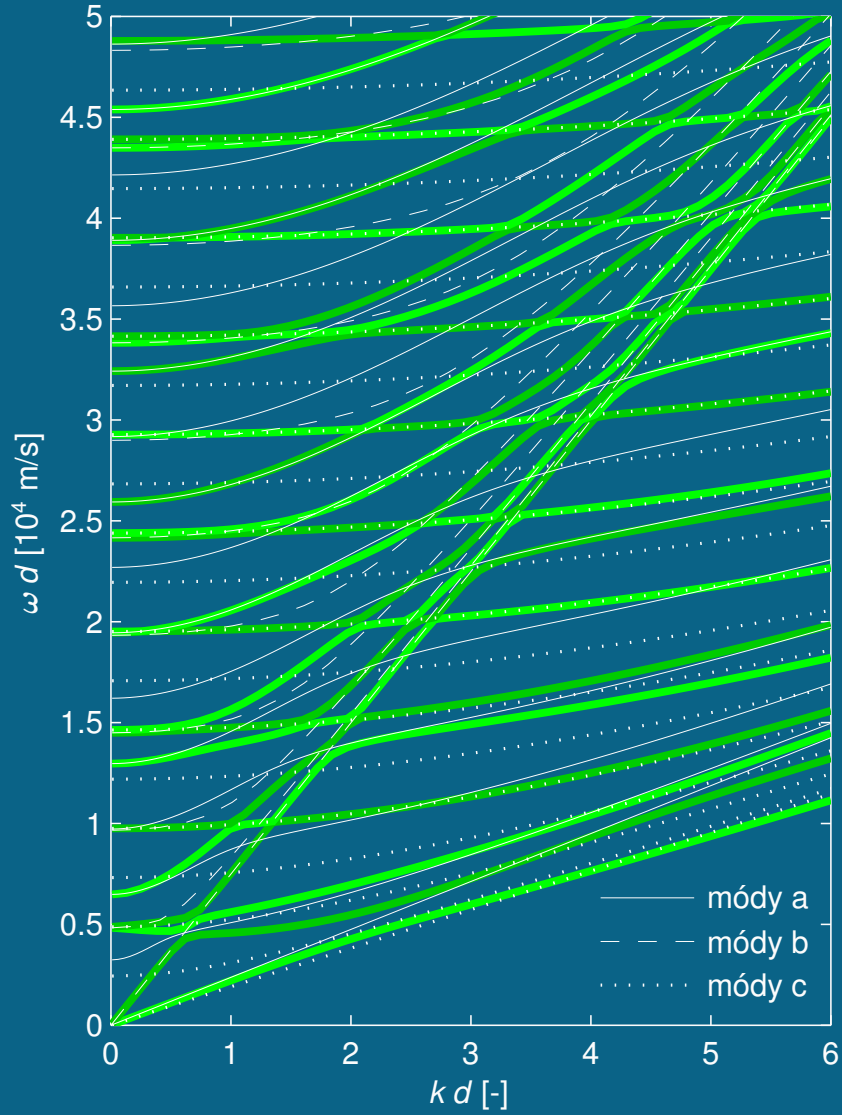


antisymetrické módy

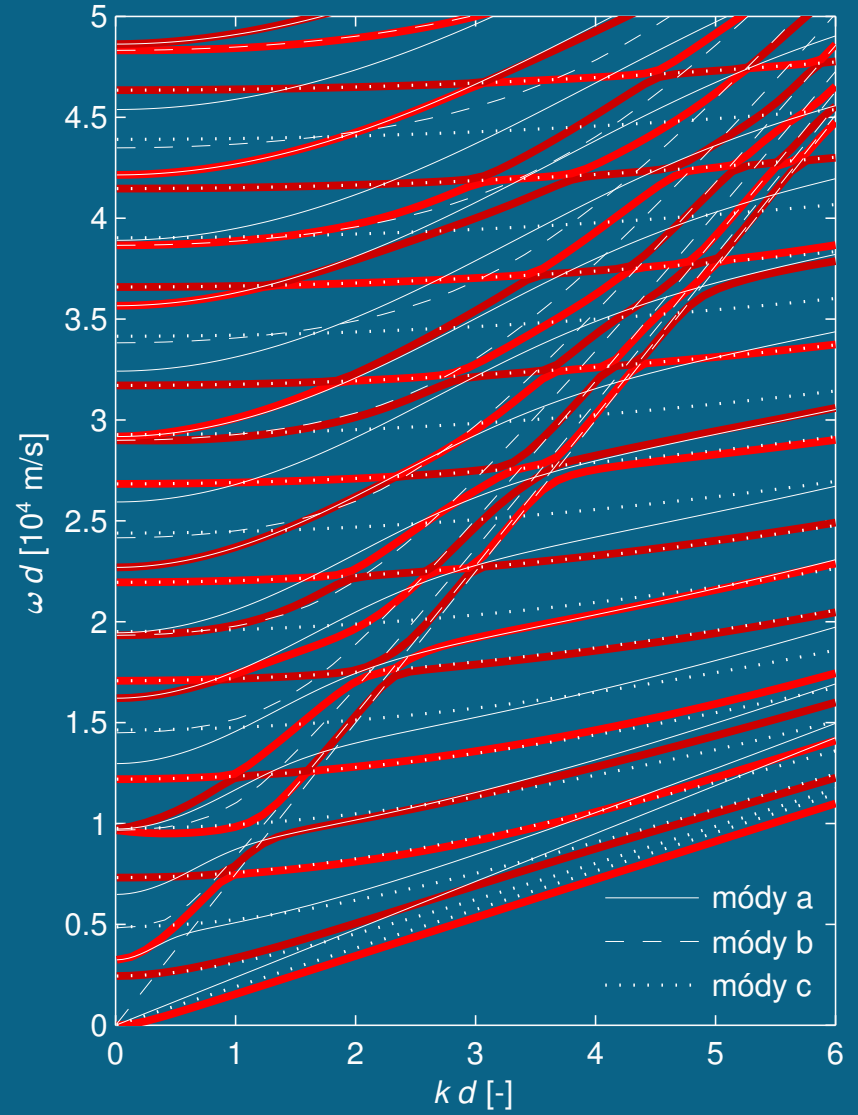


Směr šíření $\phi = 35^\circ$

symetrické módy

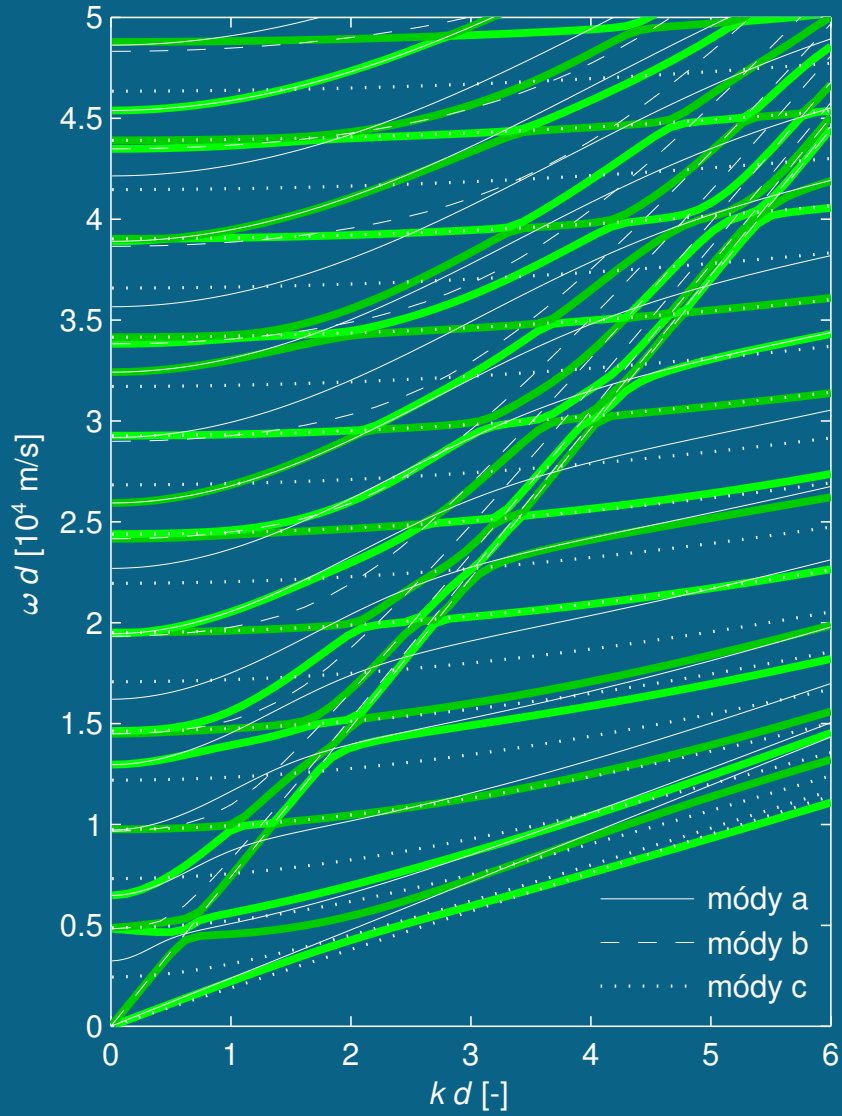


antisymetrické módy

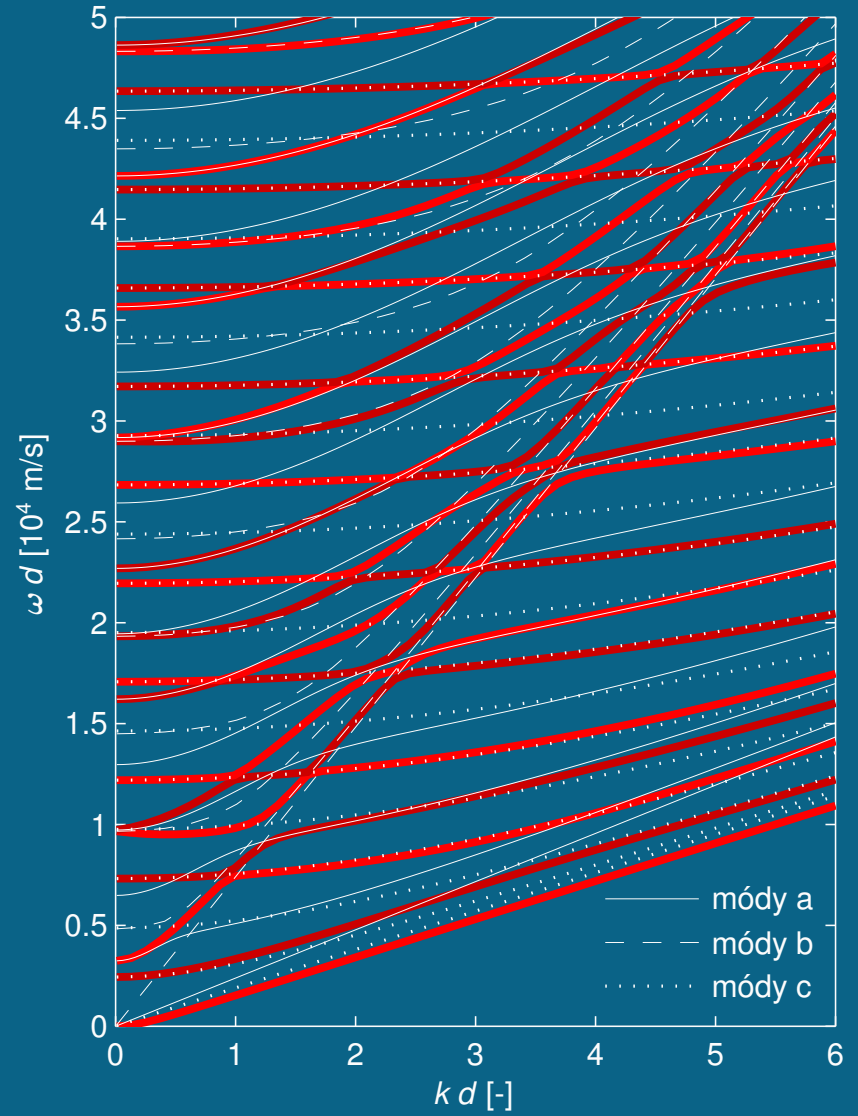


Směr šíření $\phi = 36^\circ$

symetrické módy

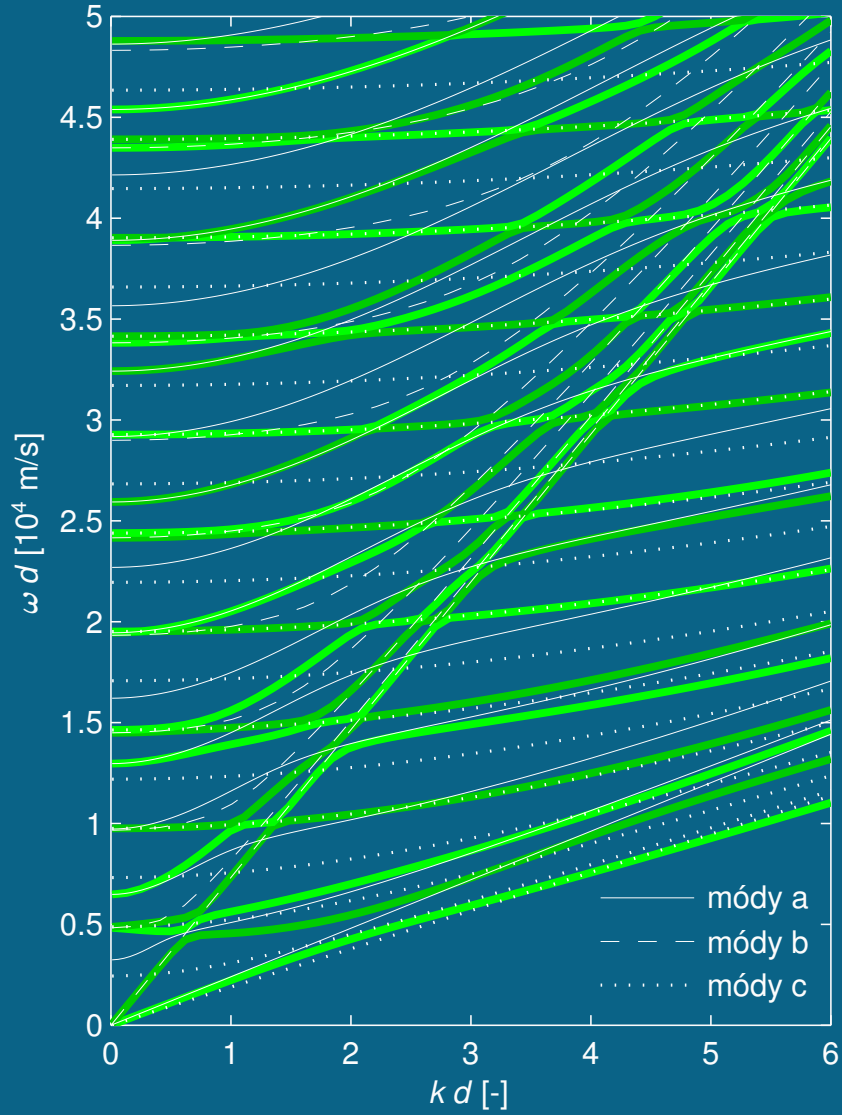


antisymetrické módy

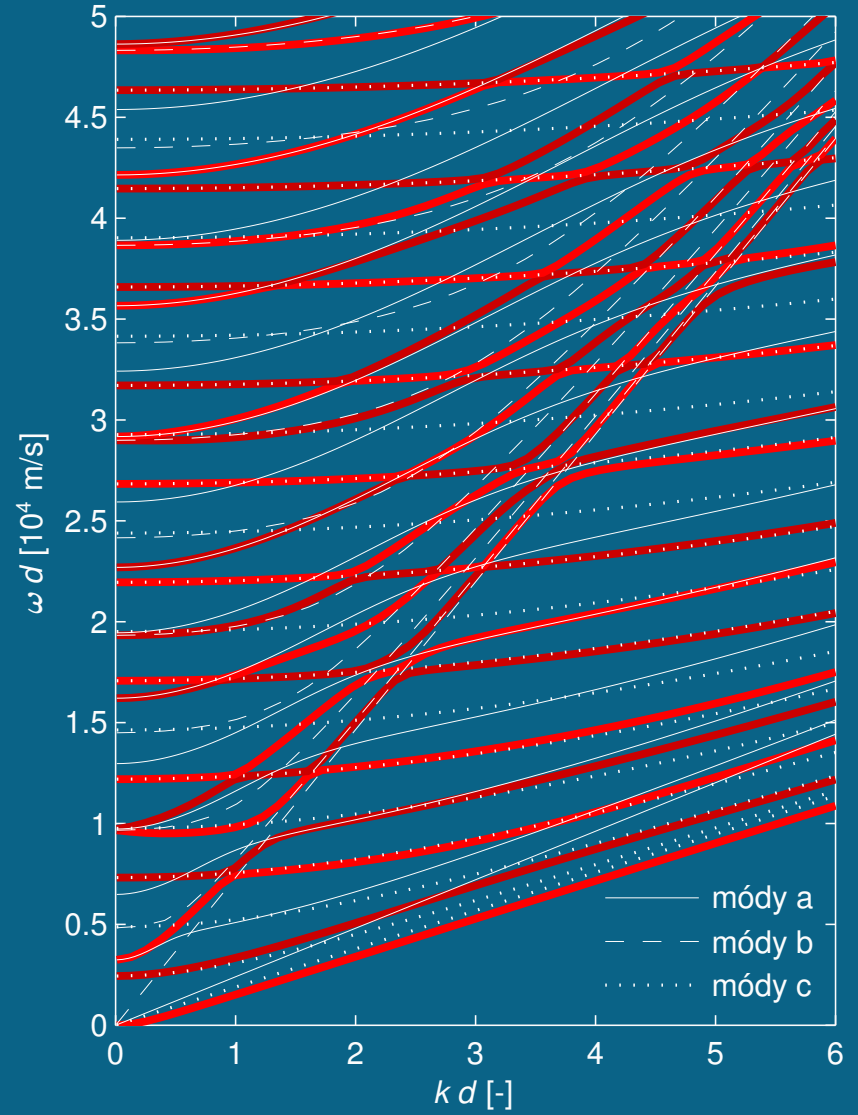


Směr šíření $\phi = 37^\circ$

symetrické módy

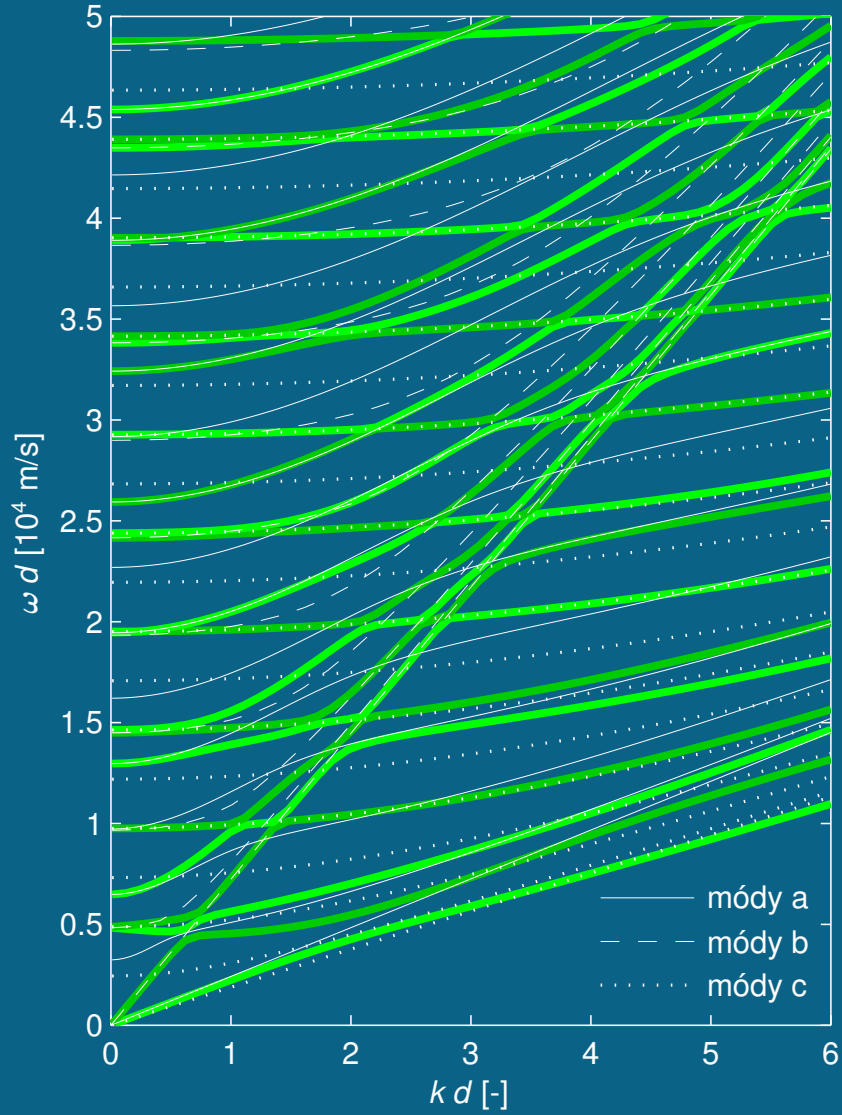


antisymetrické módy

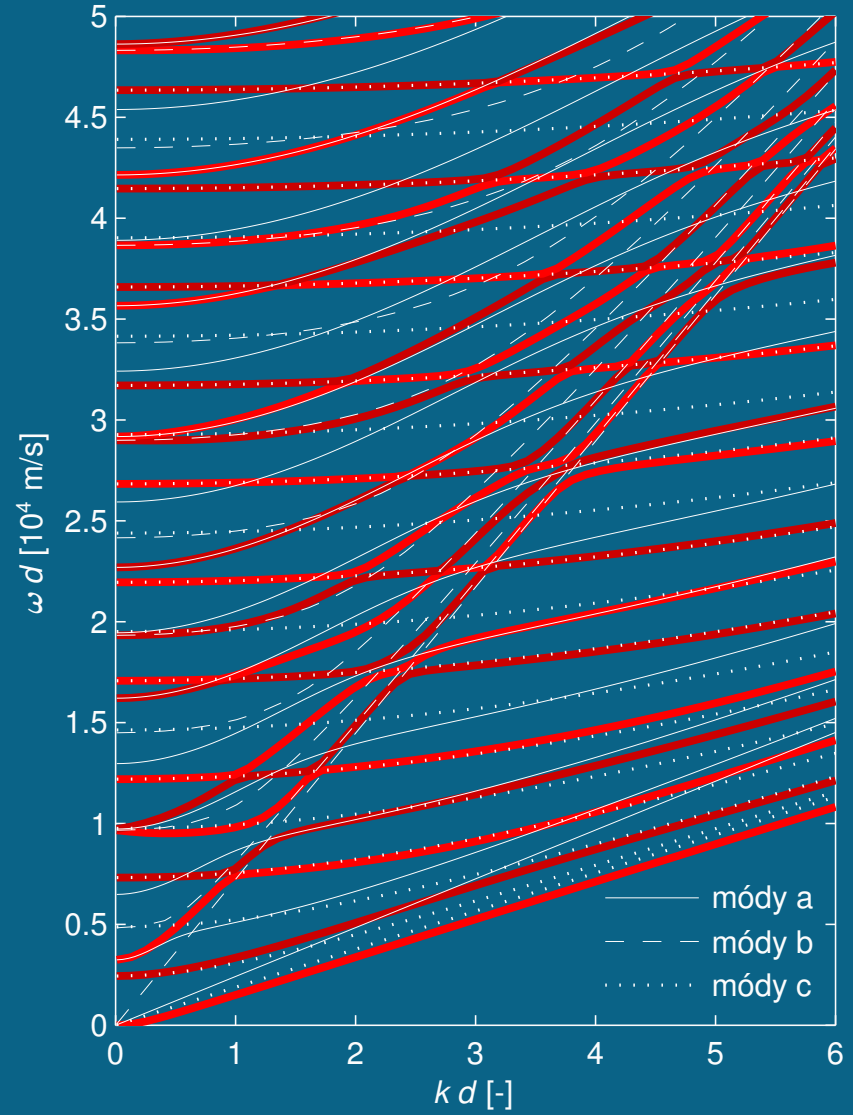


Směr šíření $\phi = 38^\circ$

symetrické módy

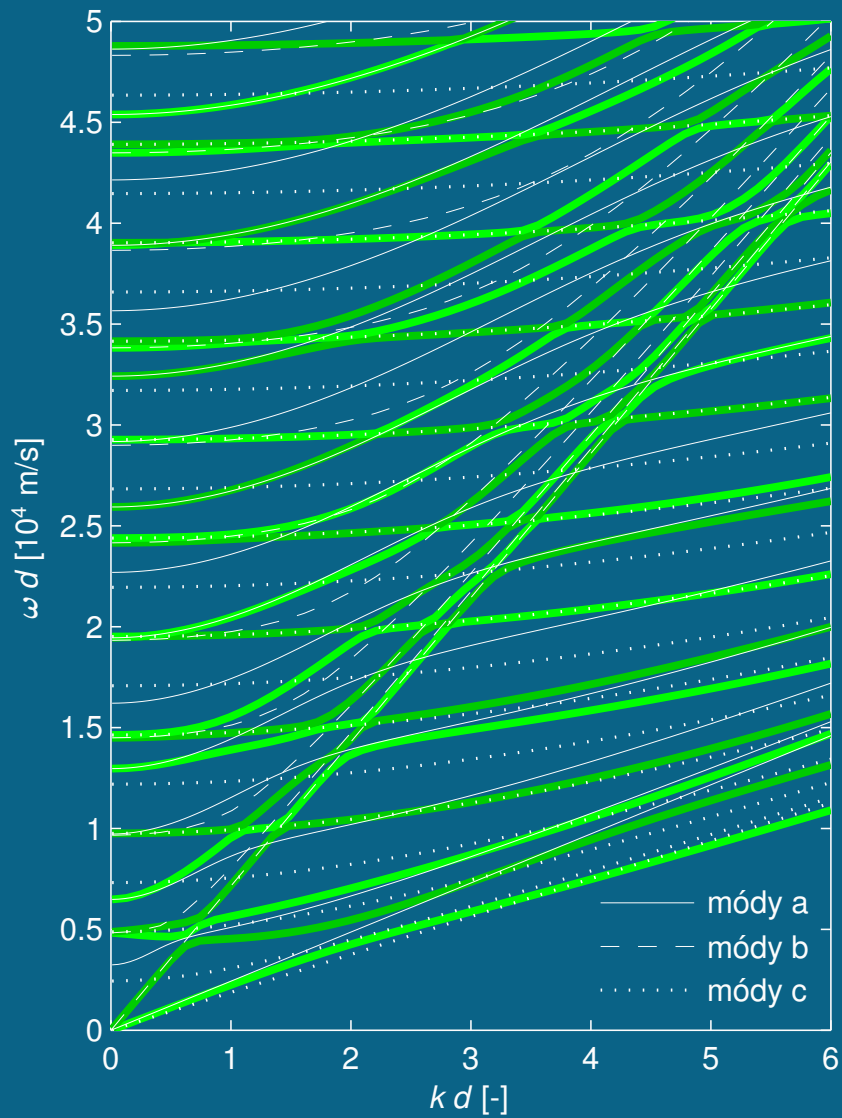


antisymetrické módy

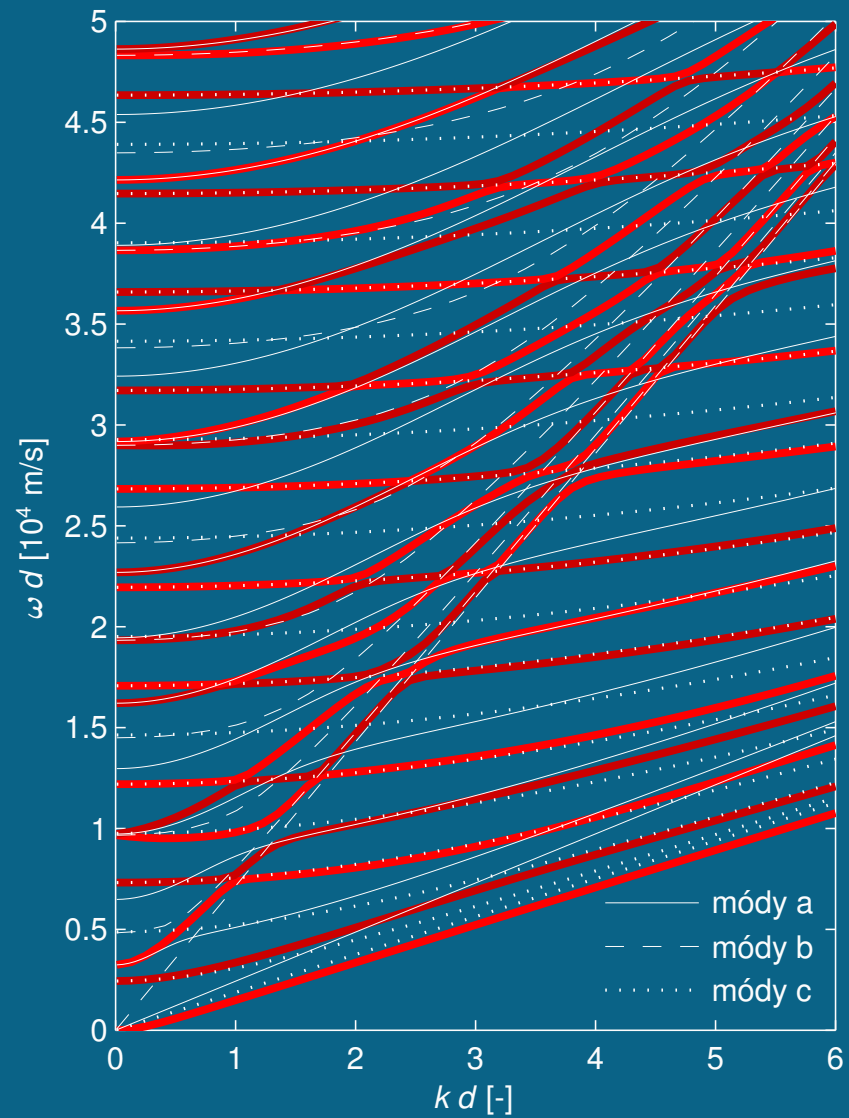


Směr šíření $\phi = 39^\circ$

symetrické módy

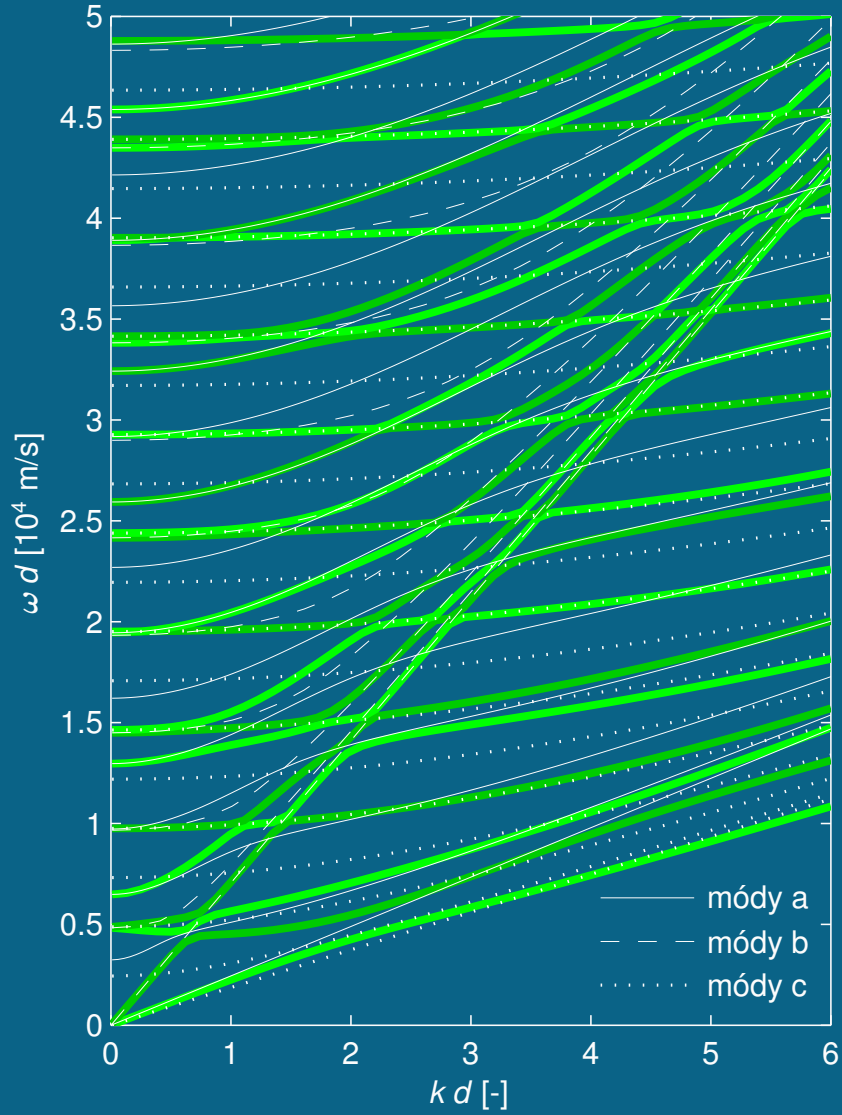


antisymetrické módy

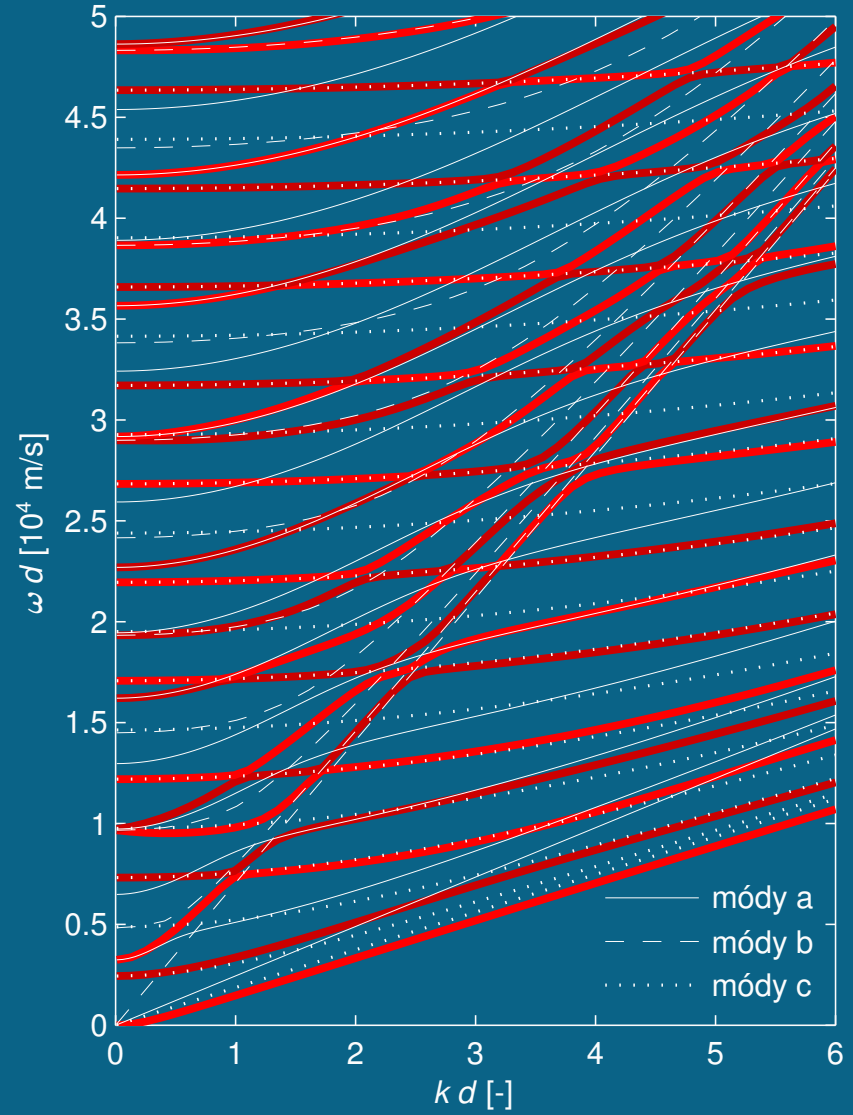


Směr šíření $\phi = 40^\circ$

symetrické módy

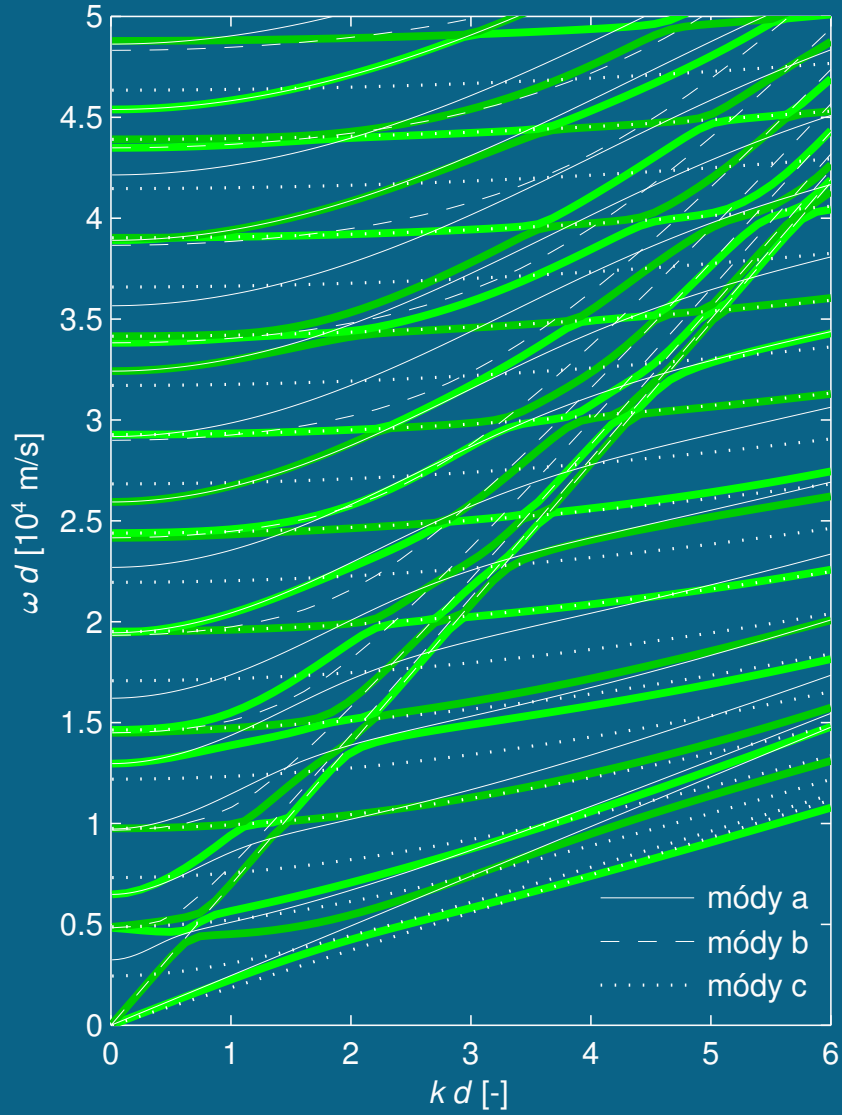


antisymetrické módy

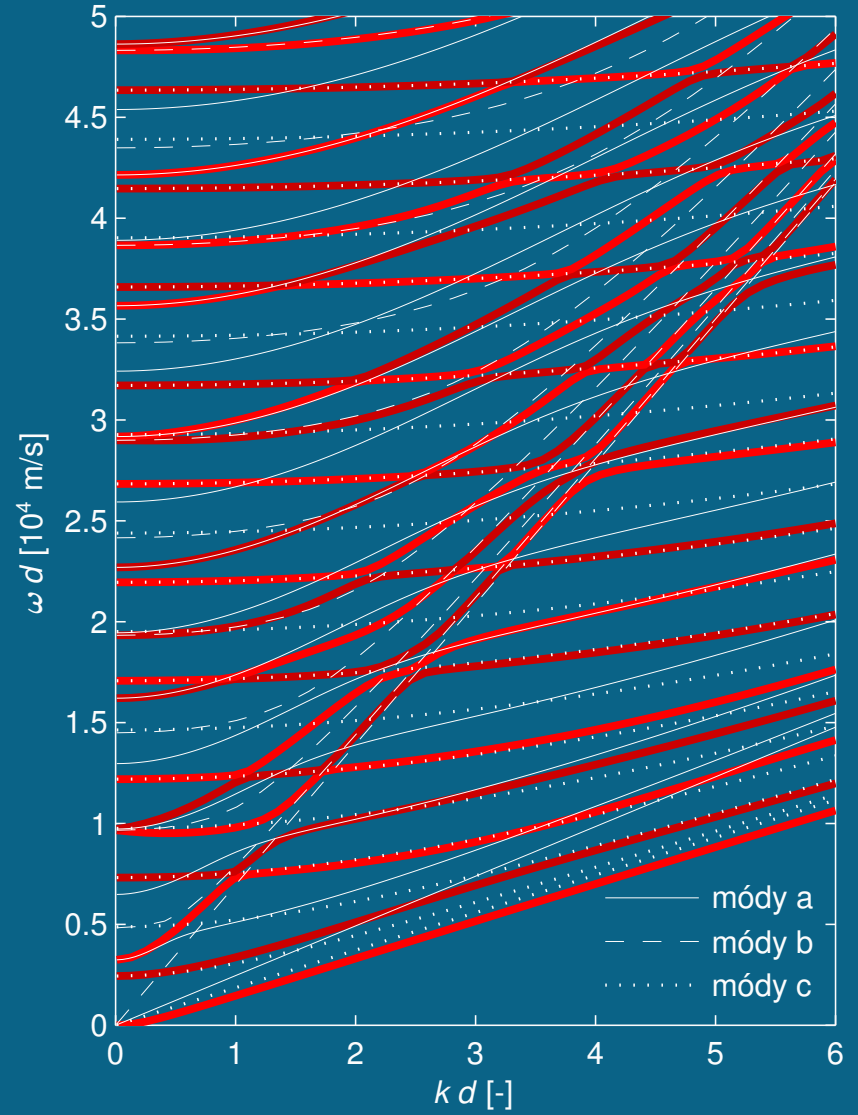


Směr šíření $\phi = 41^\circ$

symetrické módy

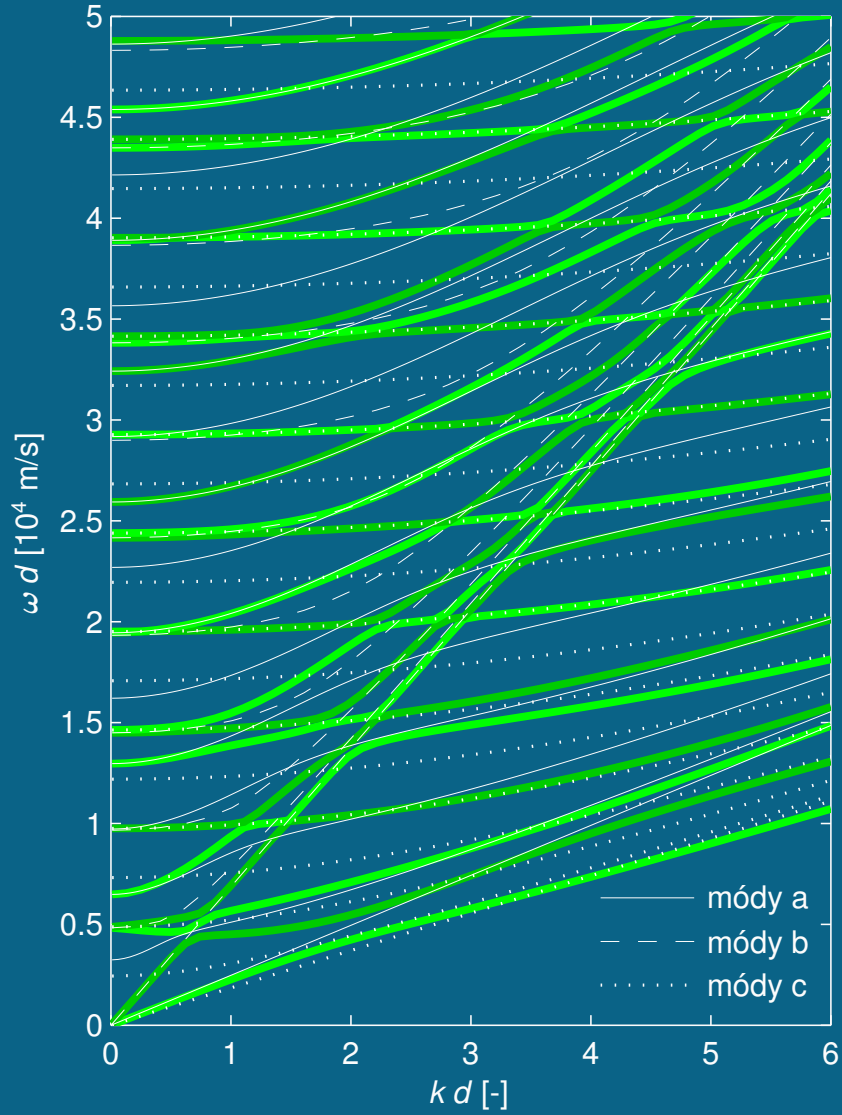


antisymetrické módy

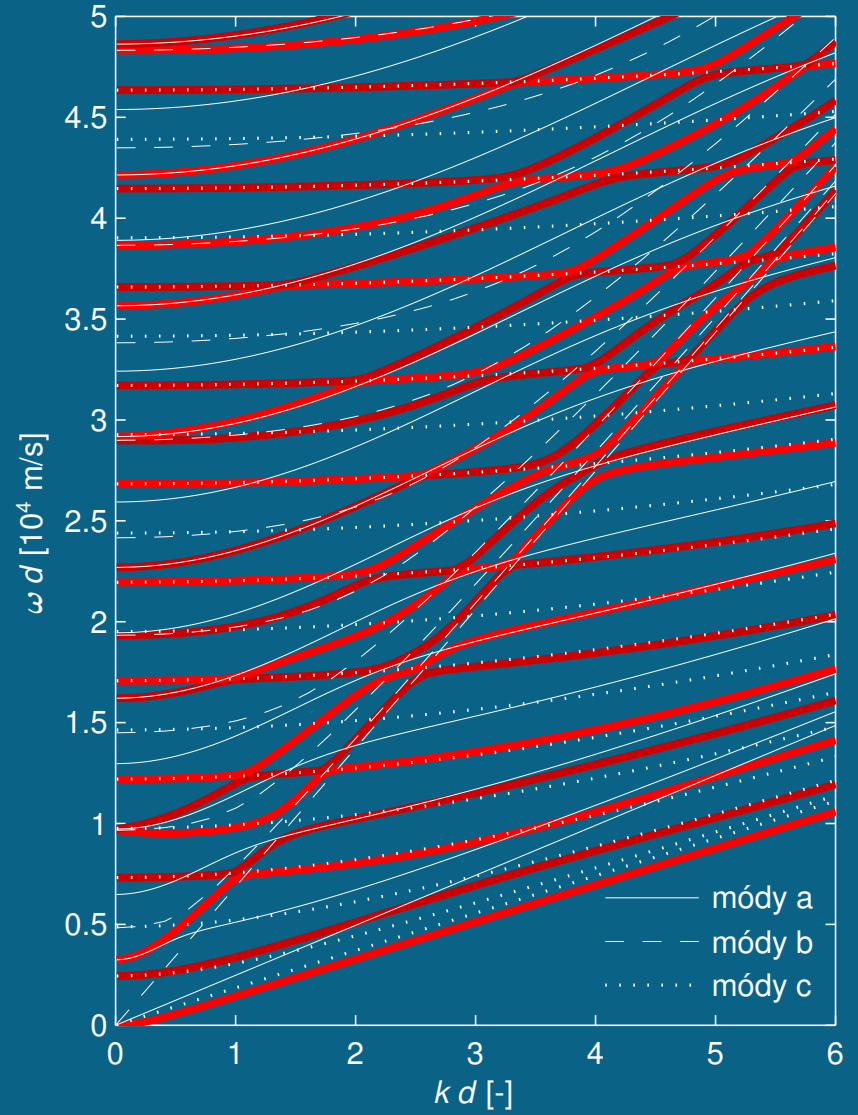


Směr šíření $\phi = 42^\circ$

symetrické módy

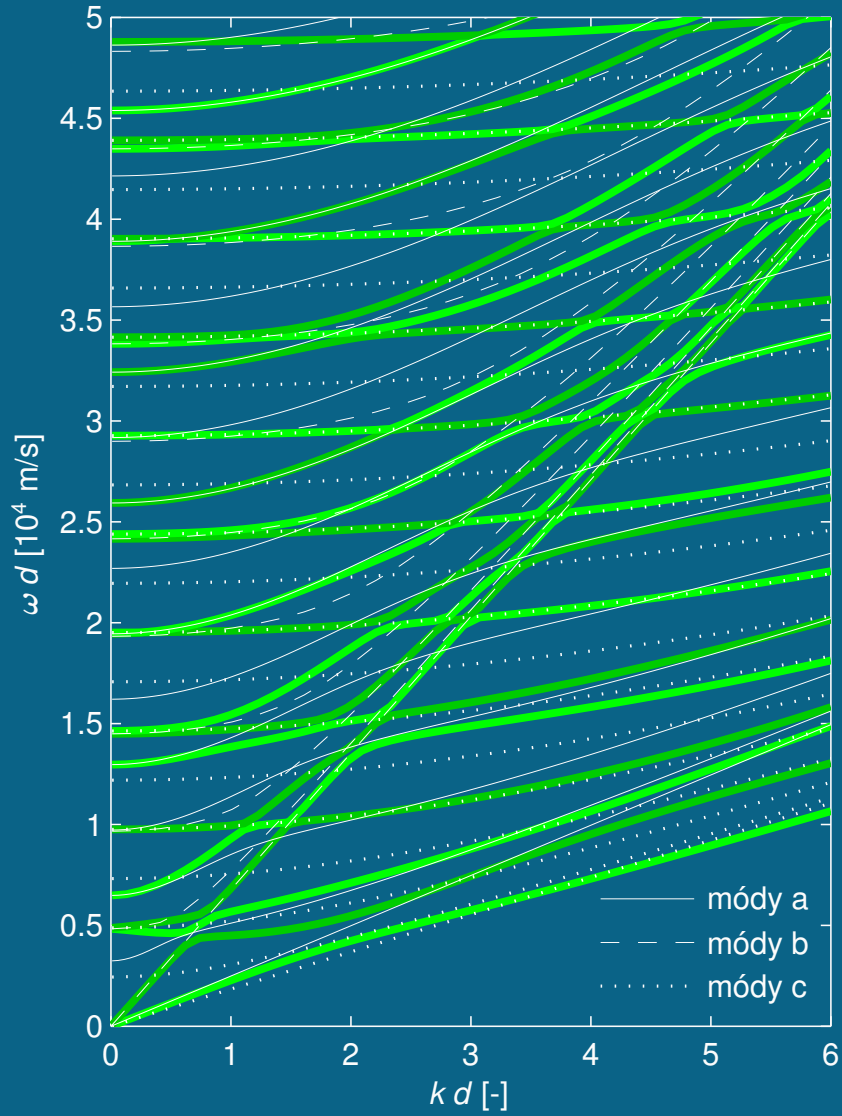


antisymetrické módy

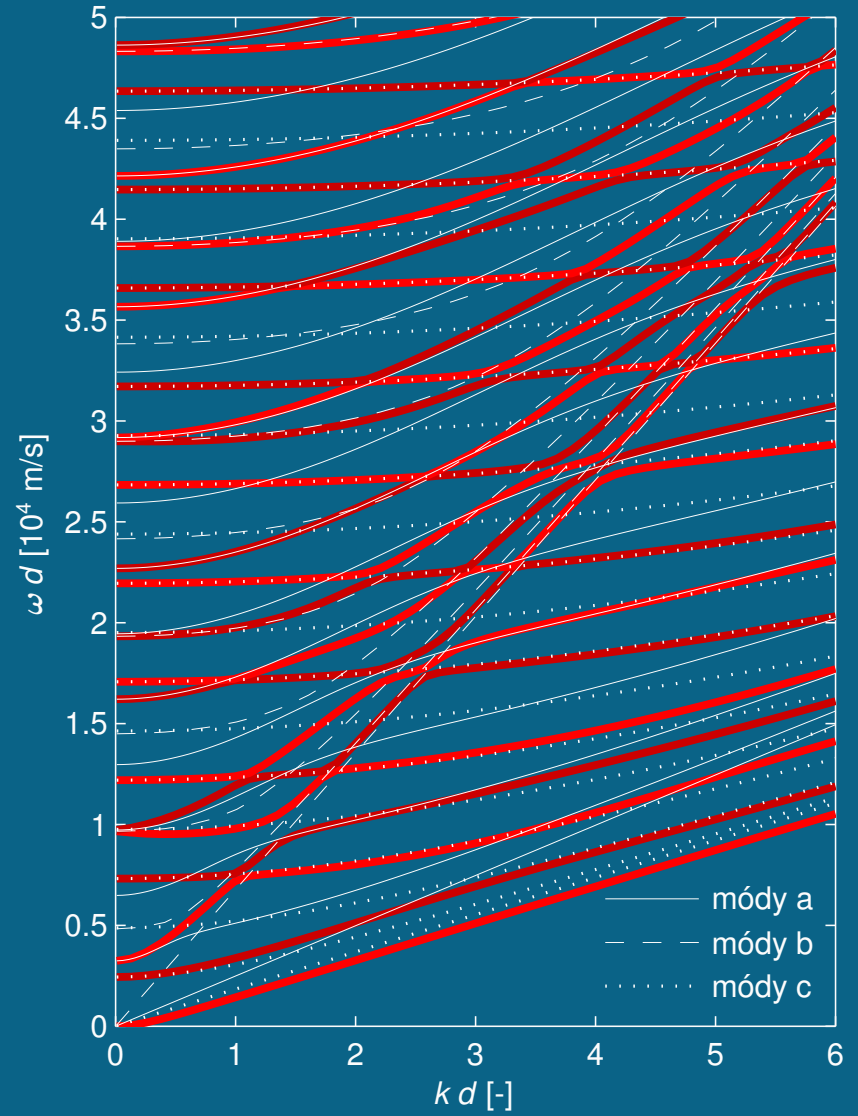


Směr šíření $\phi = 43^\circ$

symetrické módy

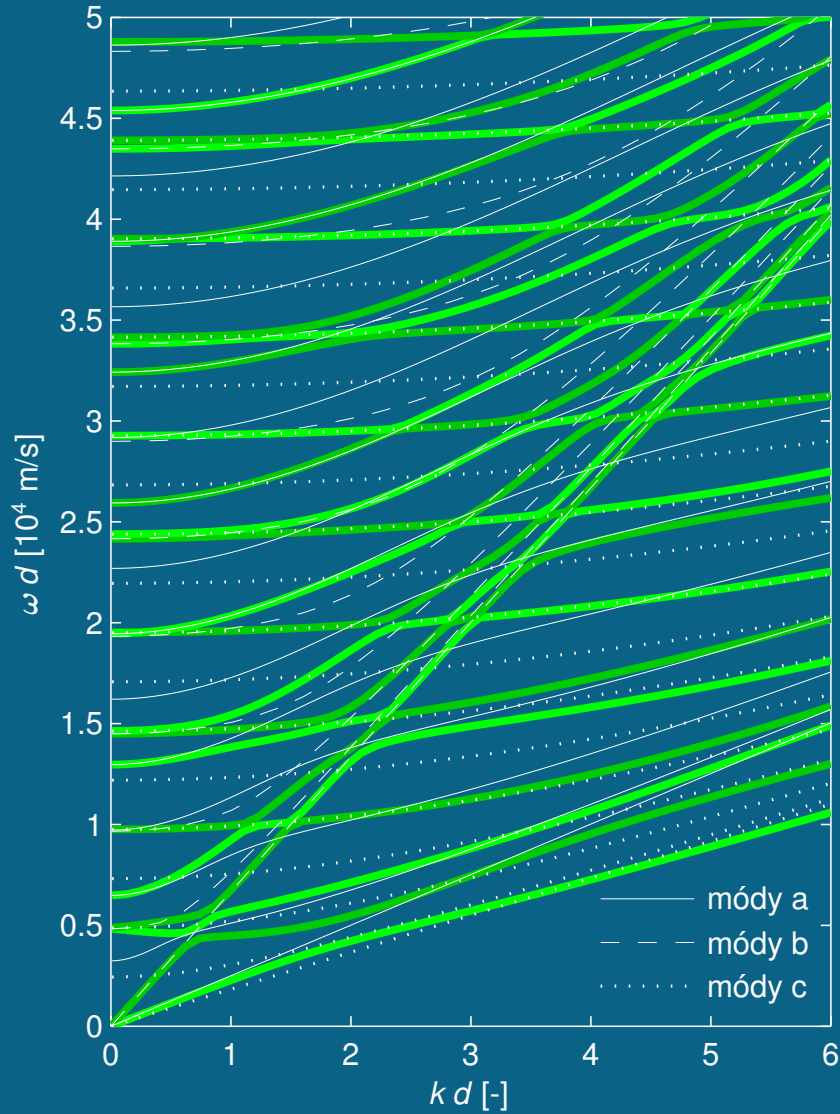


antisymetrické módy

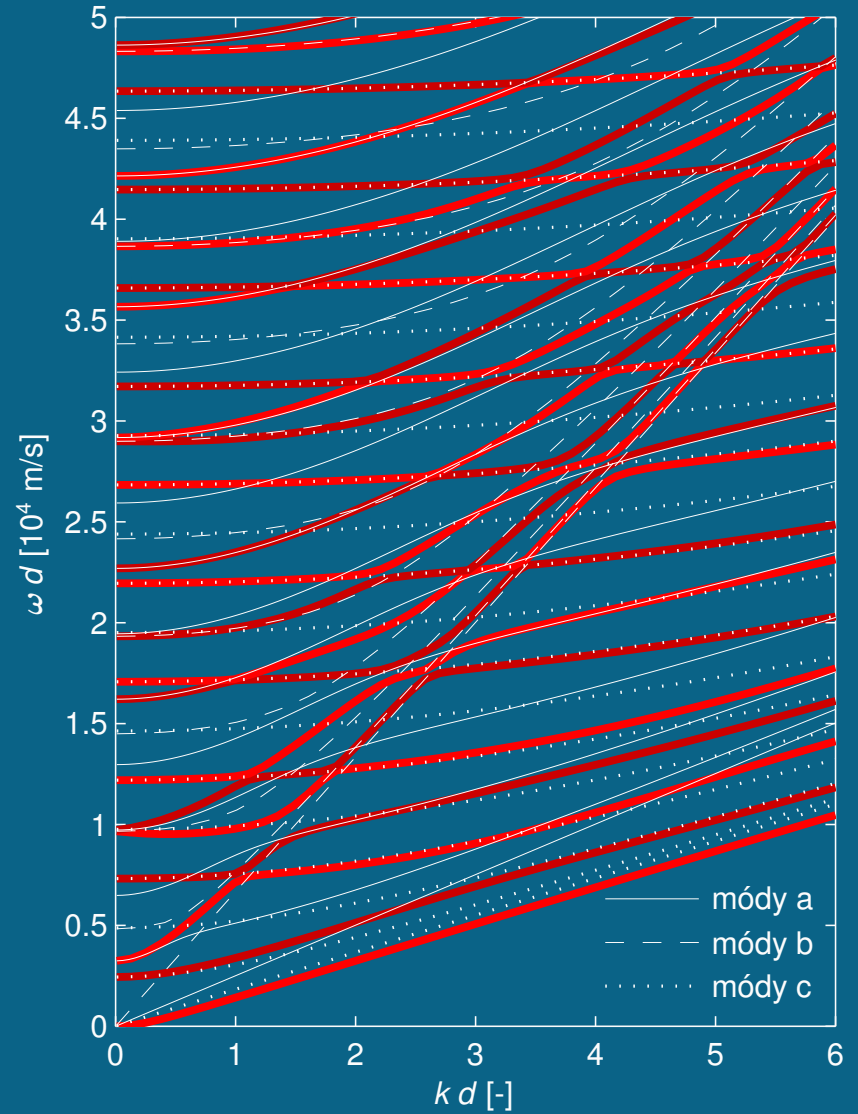


Směr šíření $\phi = 44^\circ$

symetrické módy

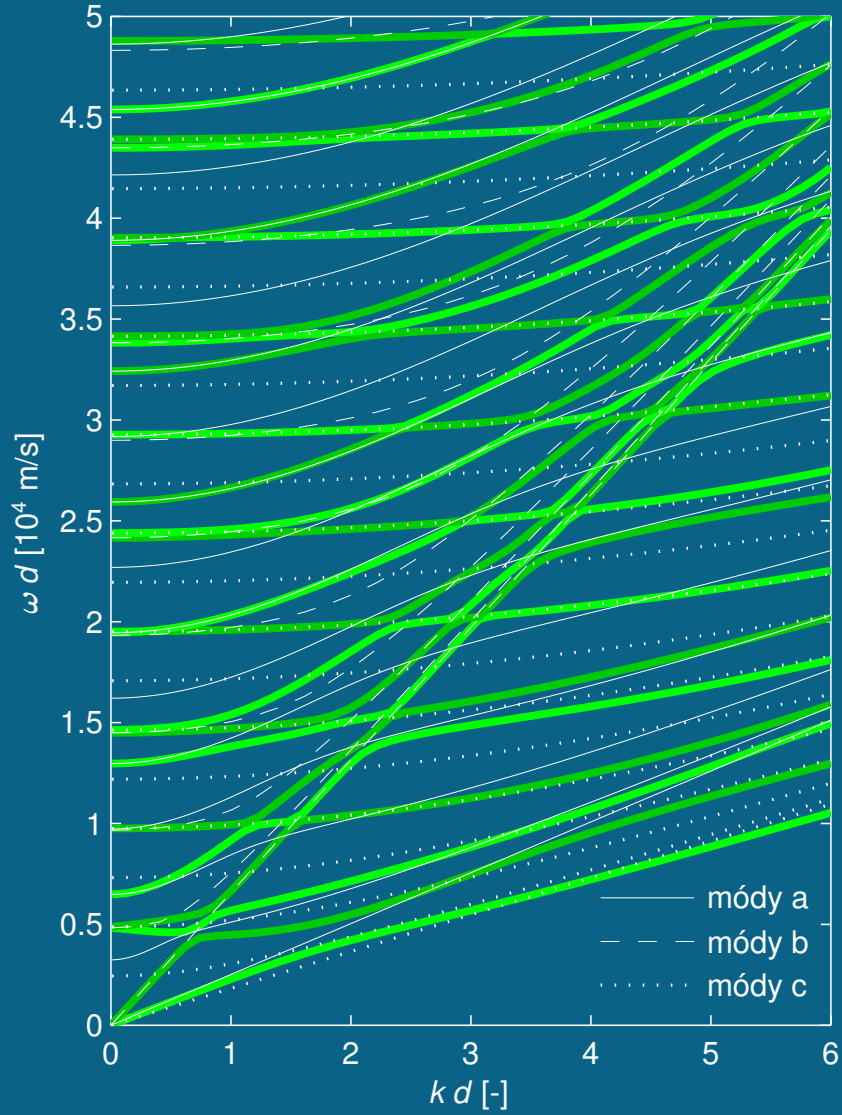


antisymetrické módy

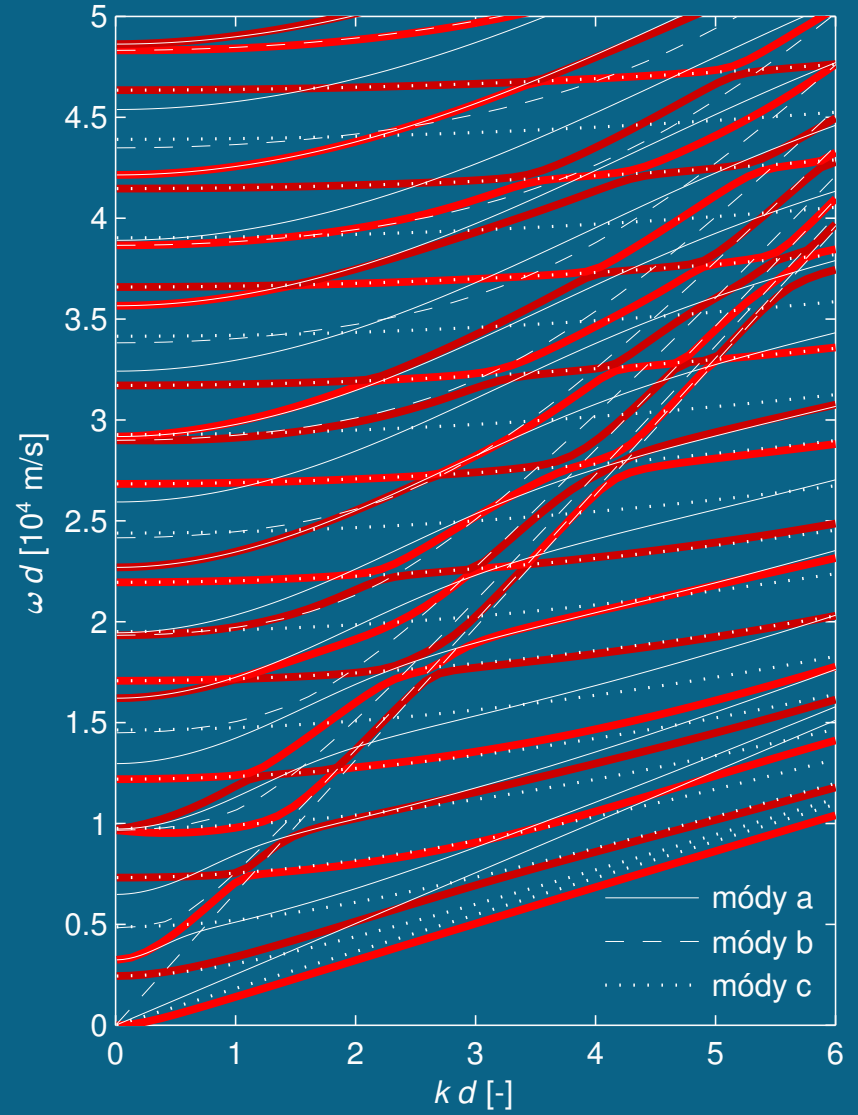


Směr šíření $\phi = 45^\circ$

symetrické módy

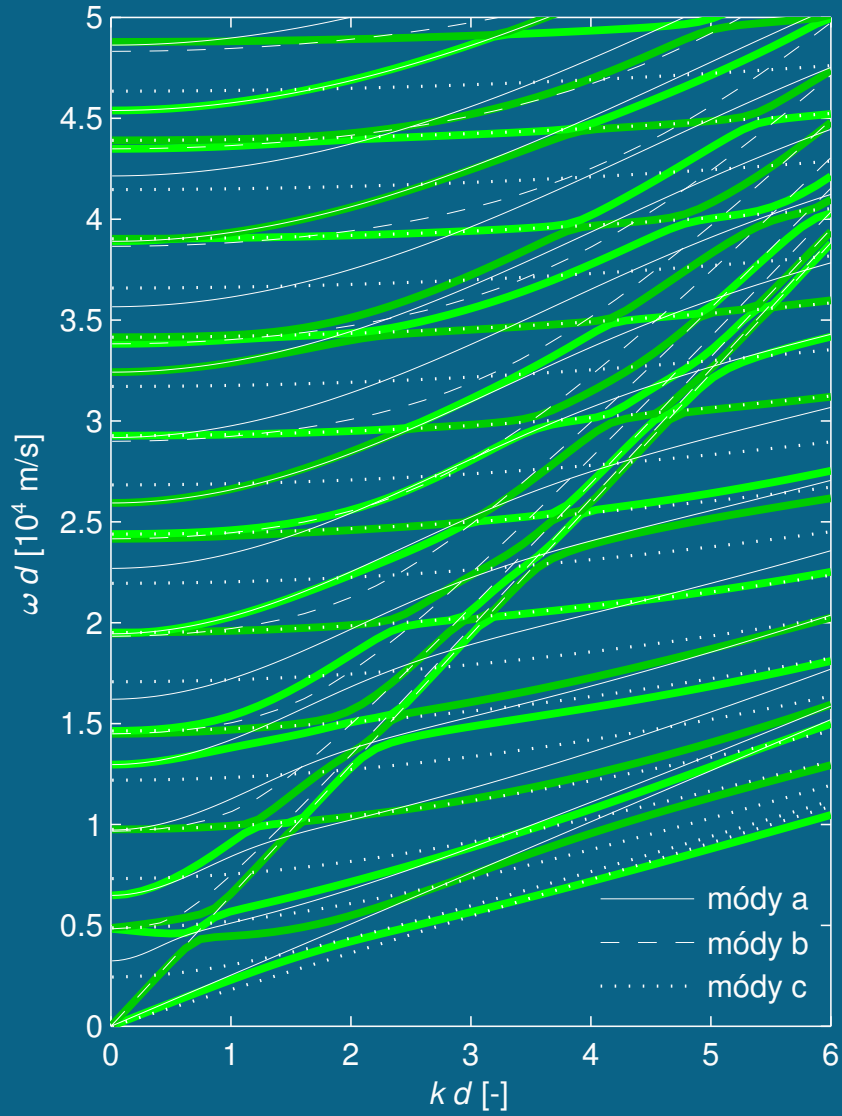


antisymetrické módy

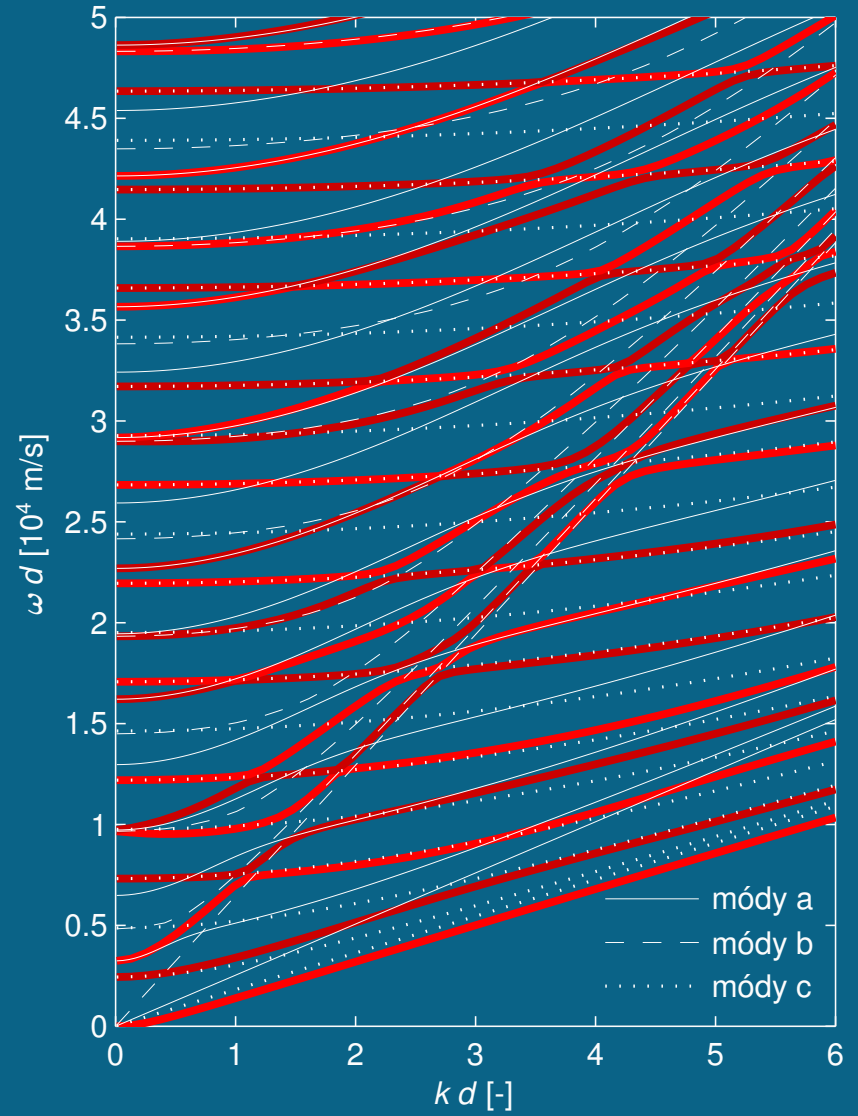


Směr šíření $\phi = 46^\circ$

symetrické módy

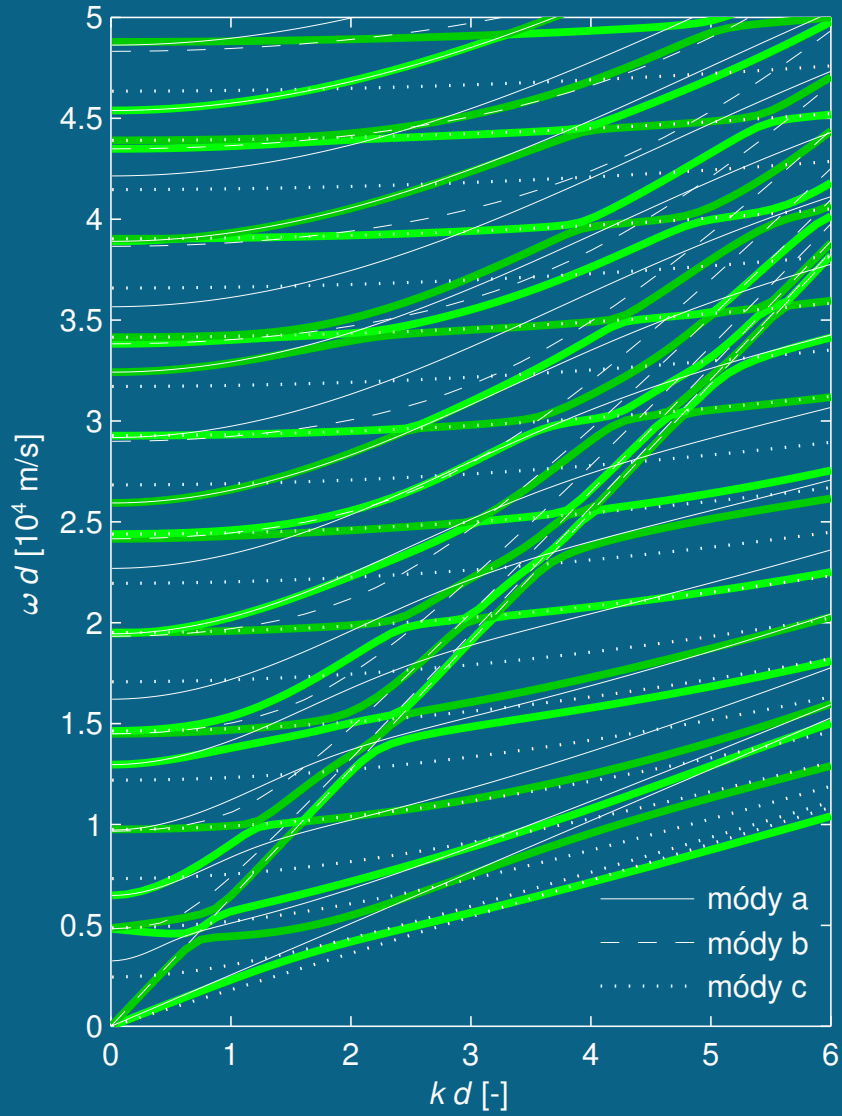


antisymetrické módy

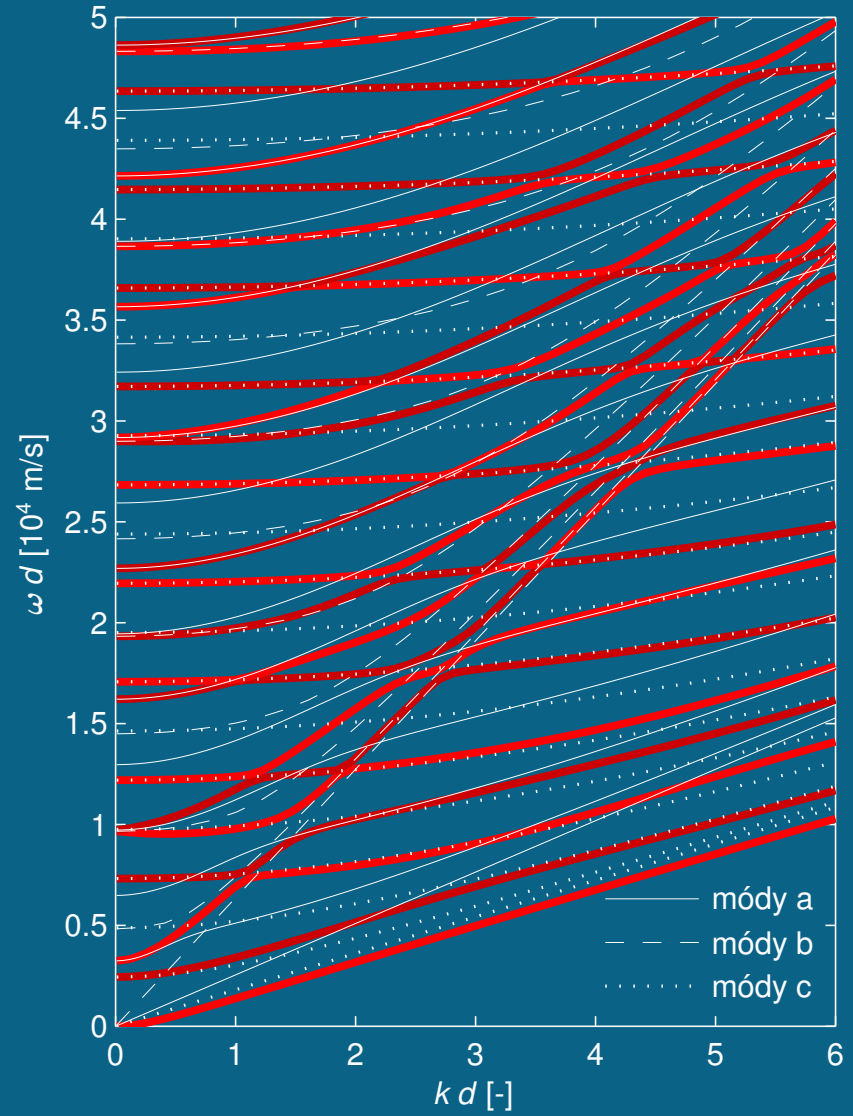


Směr šíření $\phi = 47^\circ$

symetrické módy

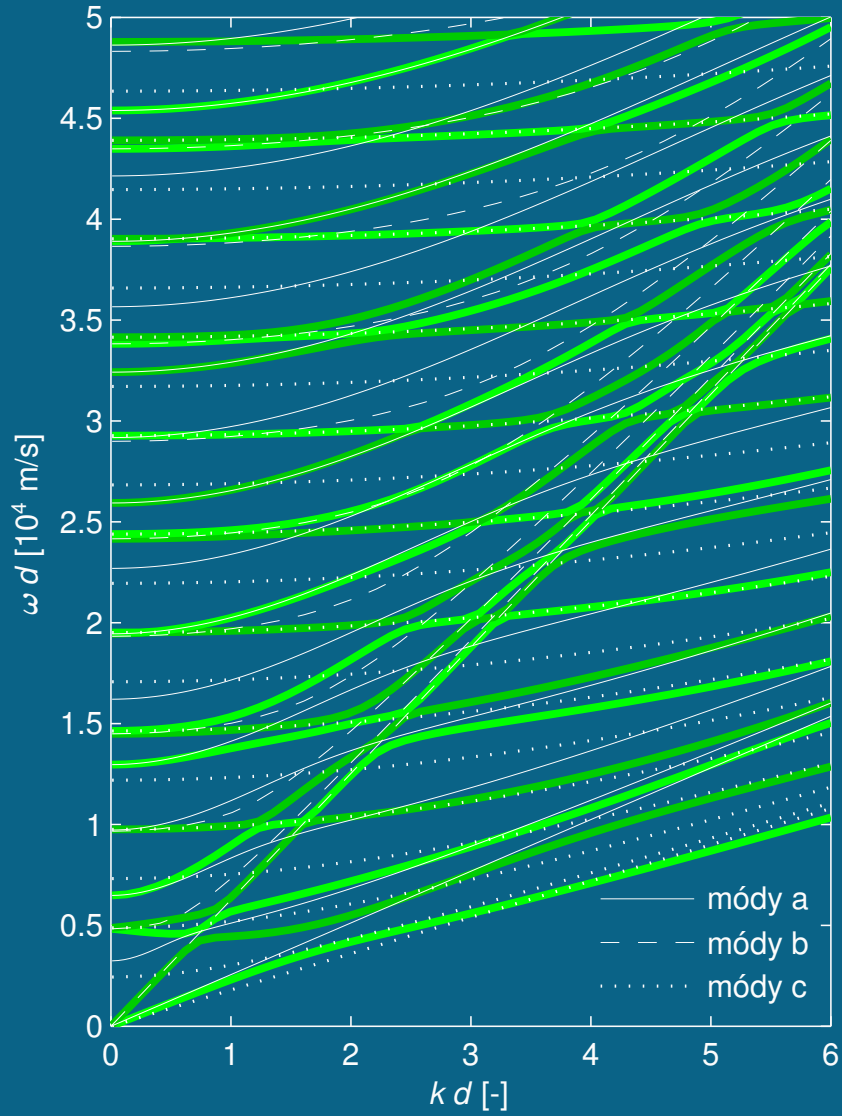


antisymetrické módy

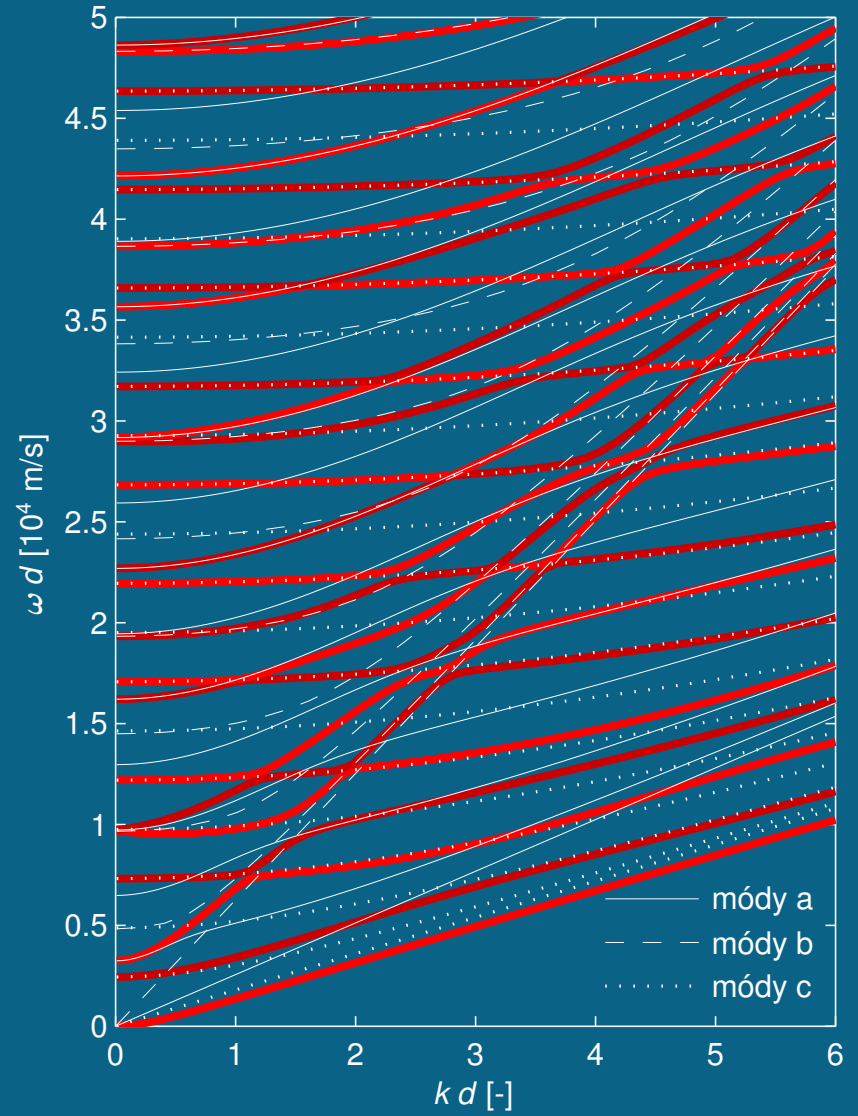


Směr šíření $\phi = 48^\circ$

symetrické módy

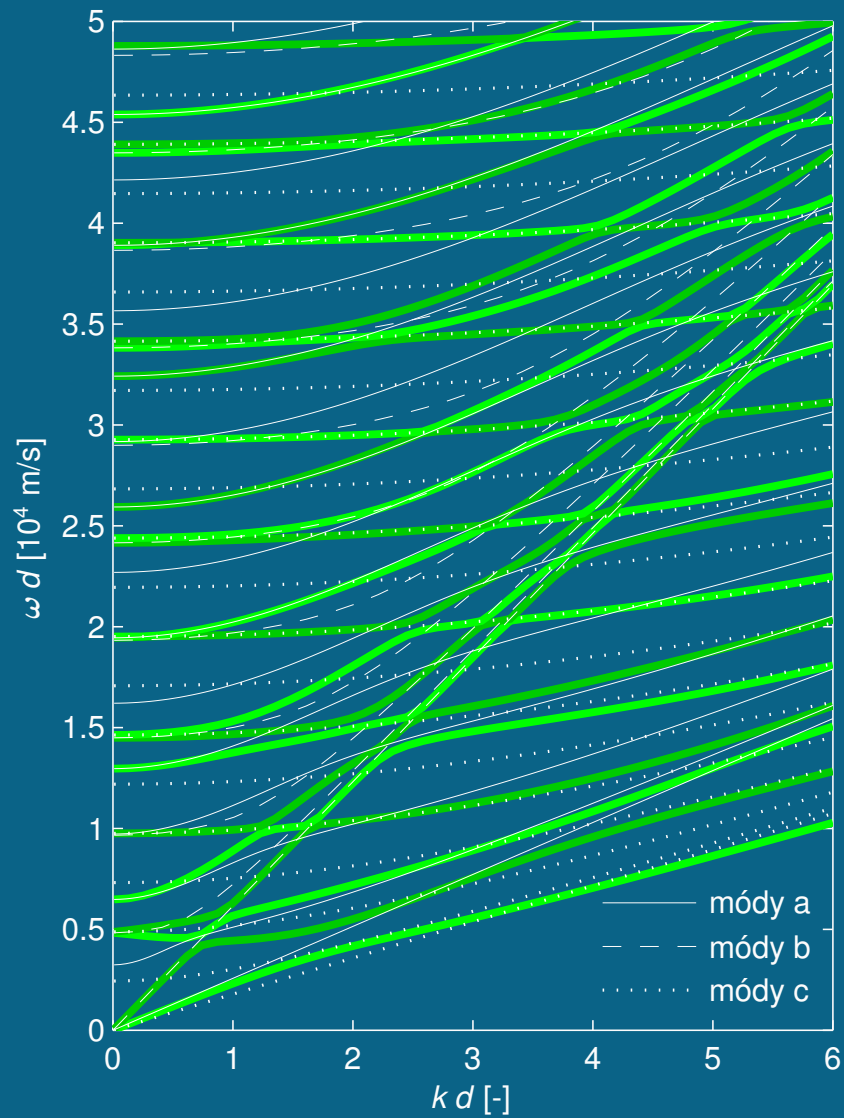


antisymetrické módy

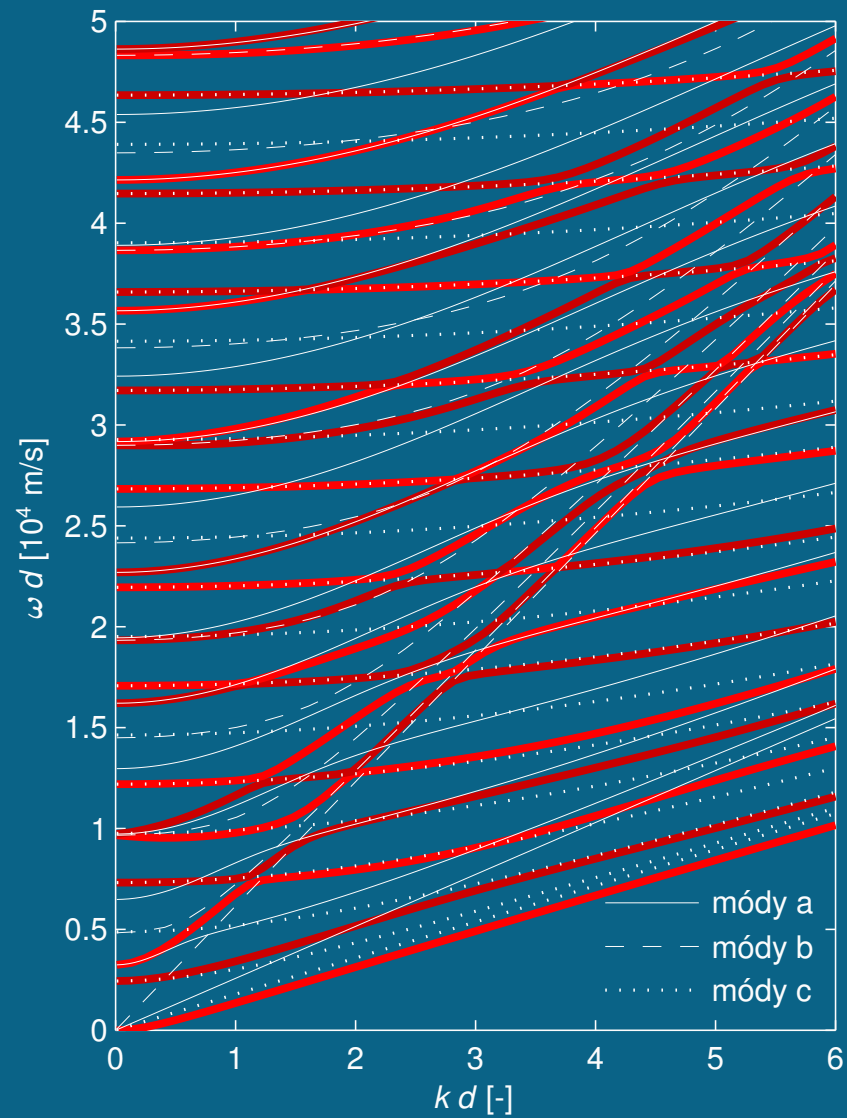


Směr šíření $\phi = 49^\circ$

symetrické módy

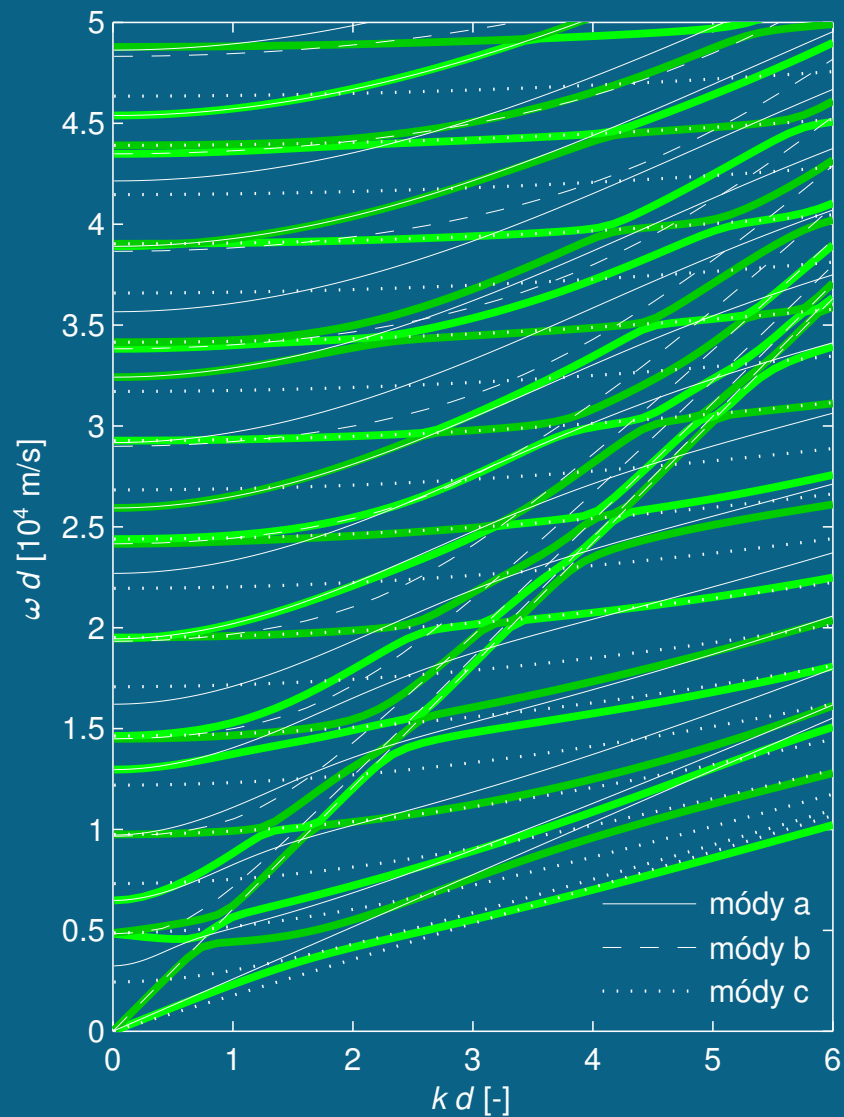


antisymetrické módy

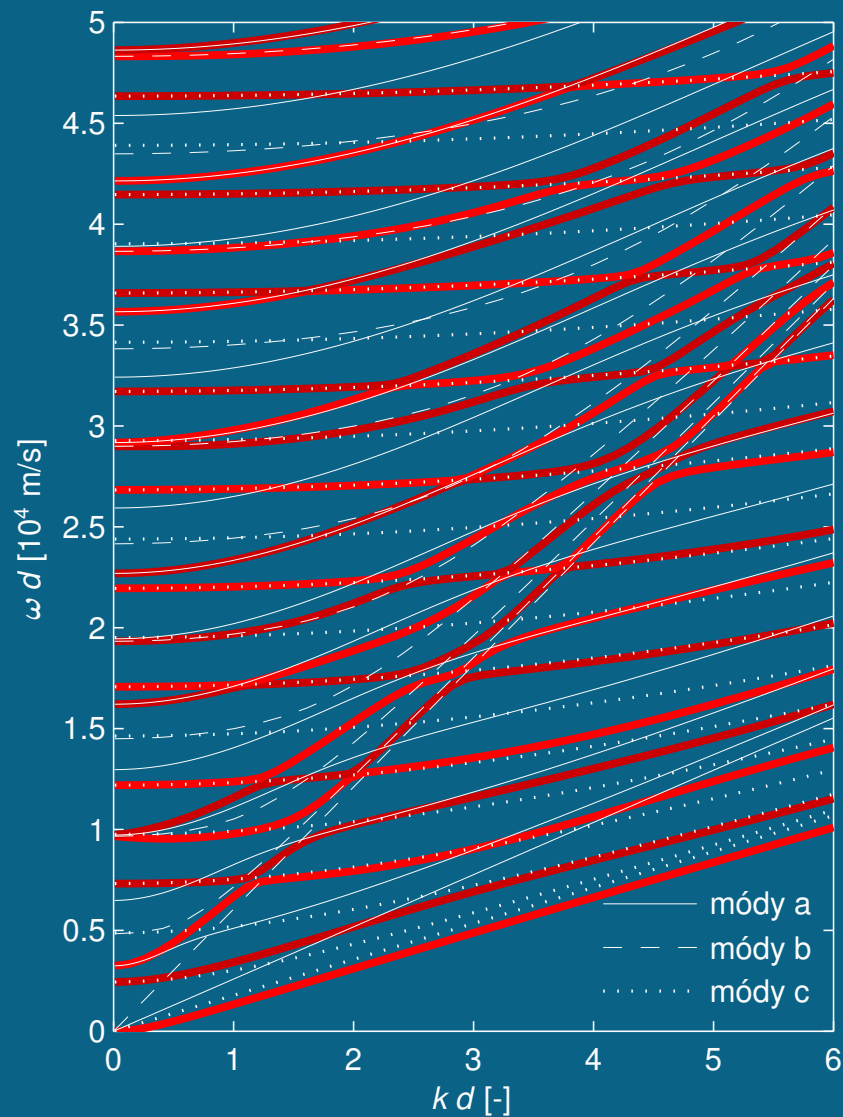


Směr šíření $\phi = 50^\circ$

symetrické módy

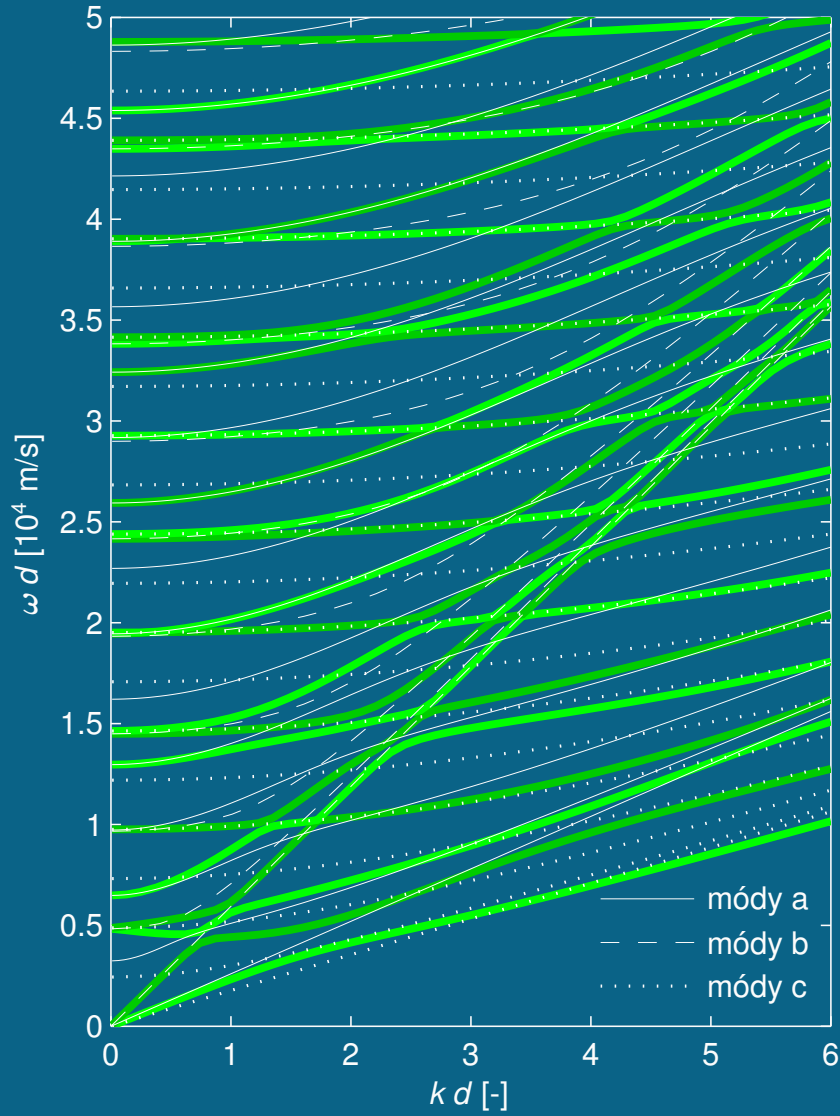


antisymetrické módy

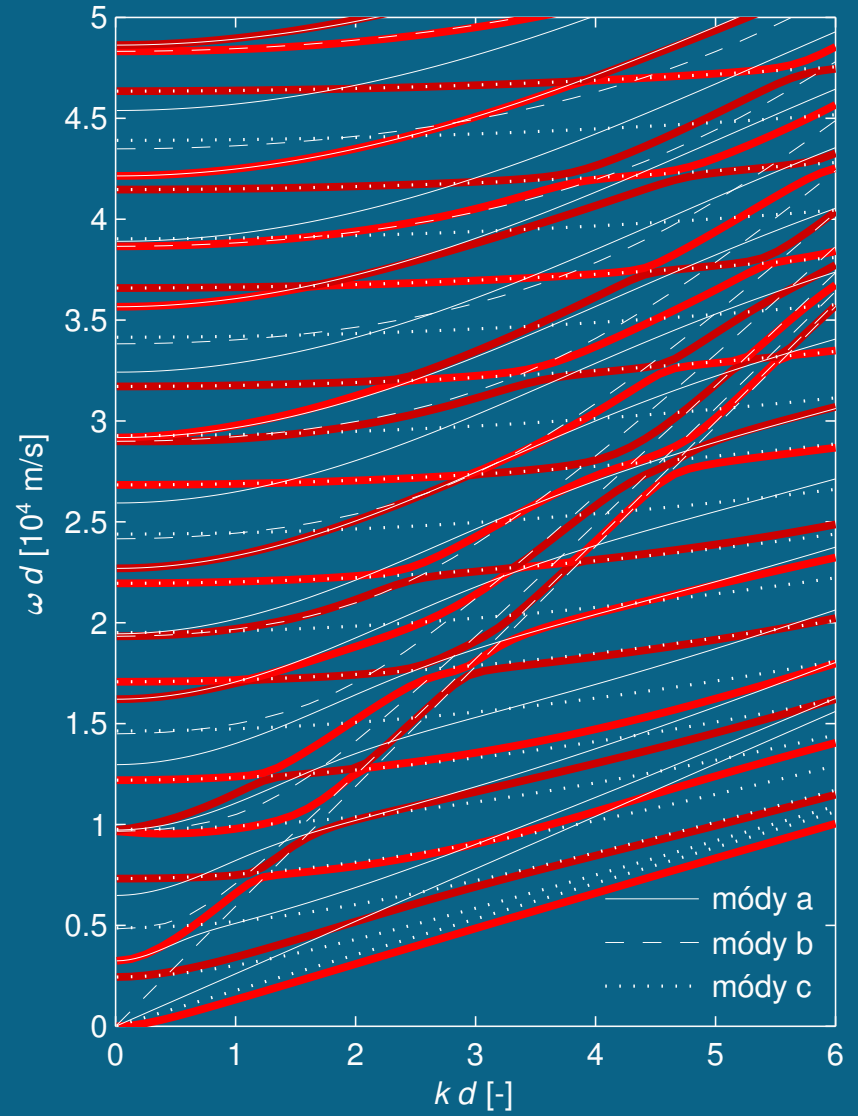


Směr šíření $\phi = 51^\circ$

symetrické módy

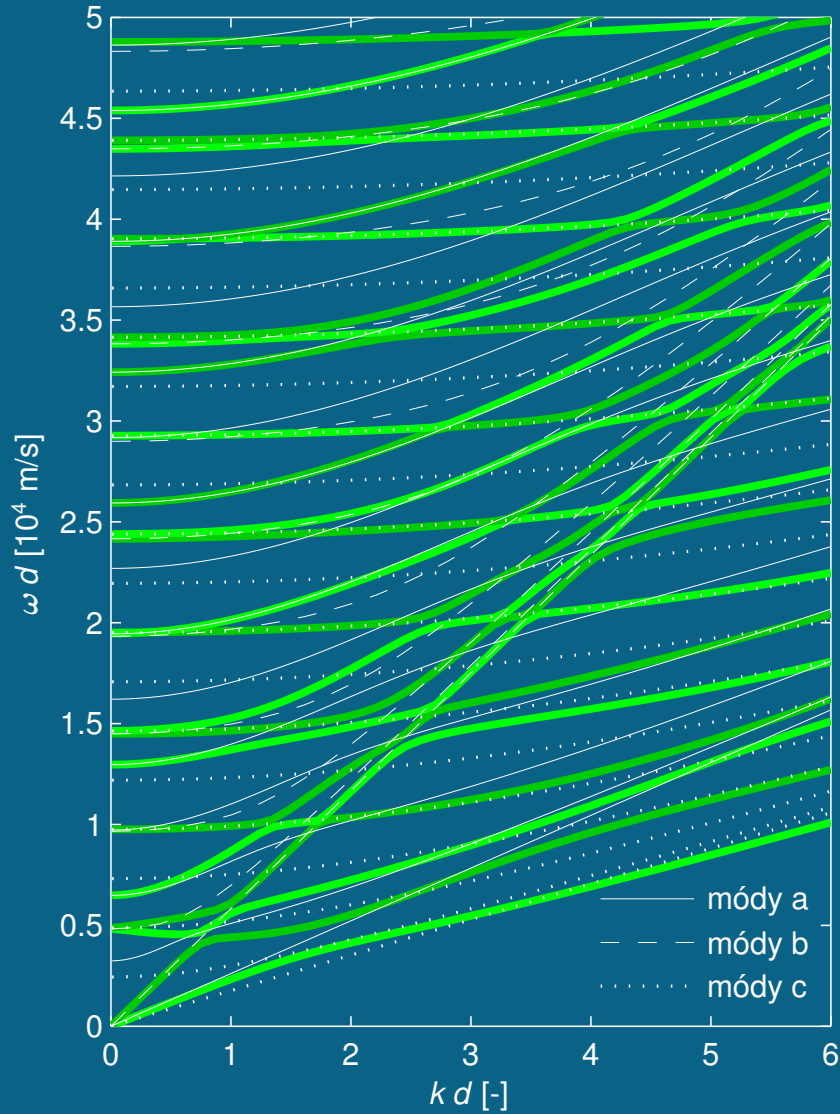


antisymetrické módy

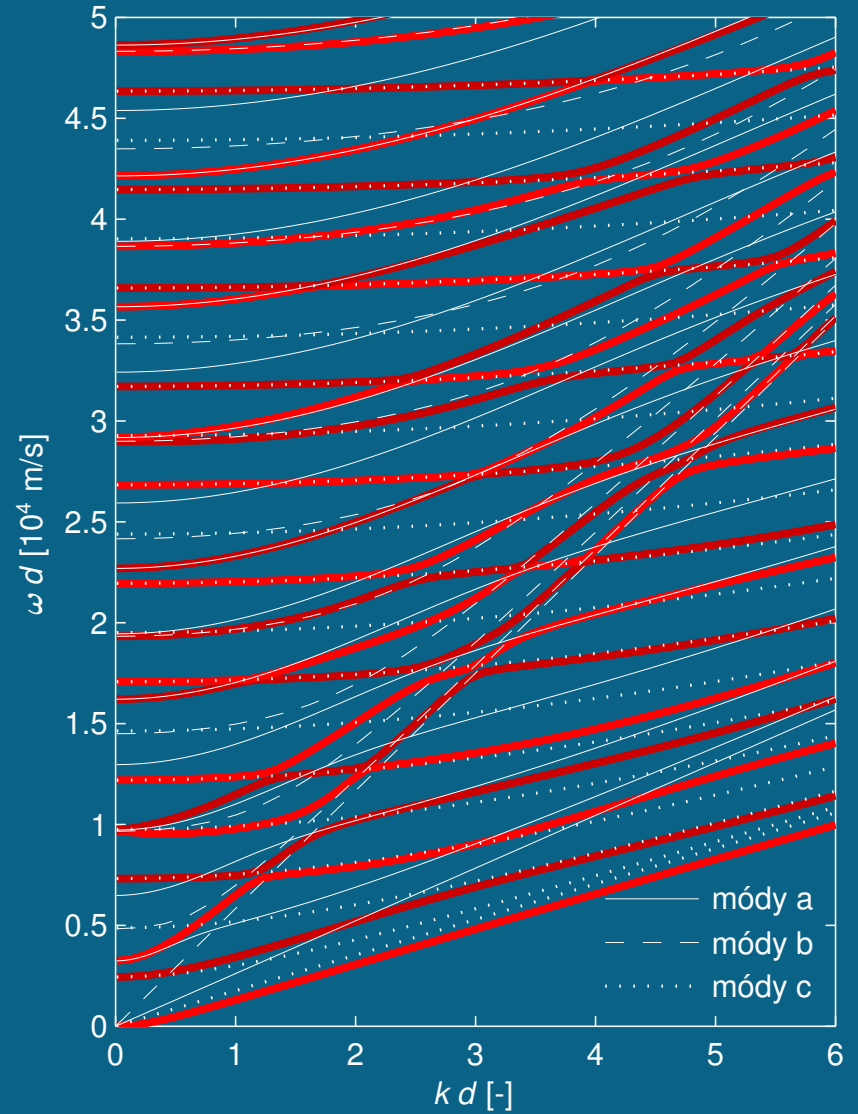


Směr šíření $\phi = 52^\circ$

symetrické módy

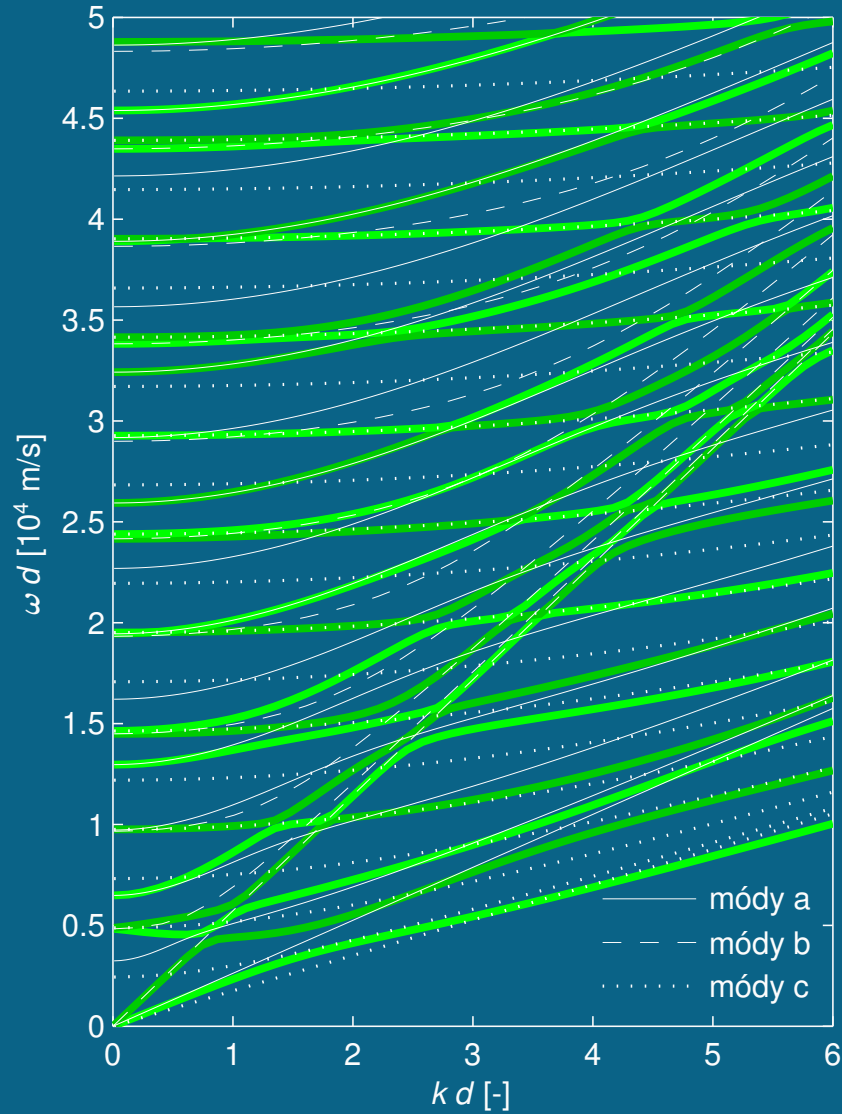


antisymetrické módy

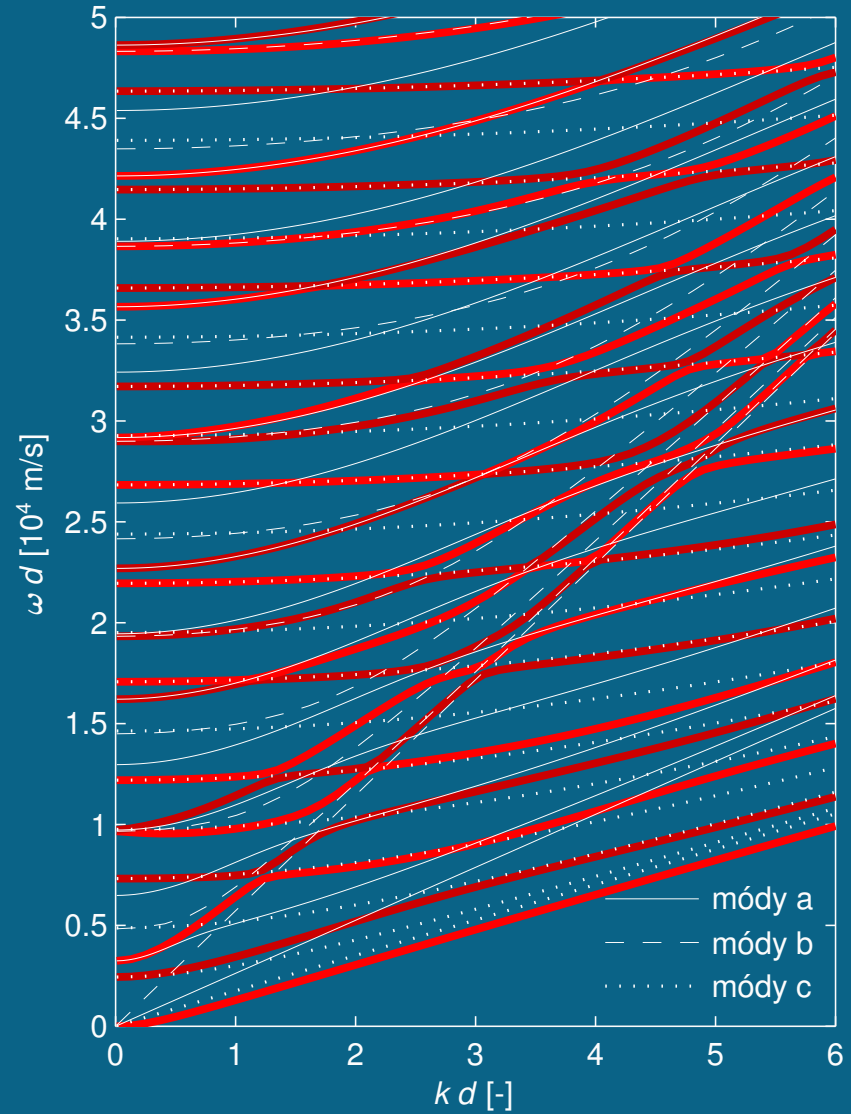


Směr šíření $\phi = 53^\circ$

symetrické módy

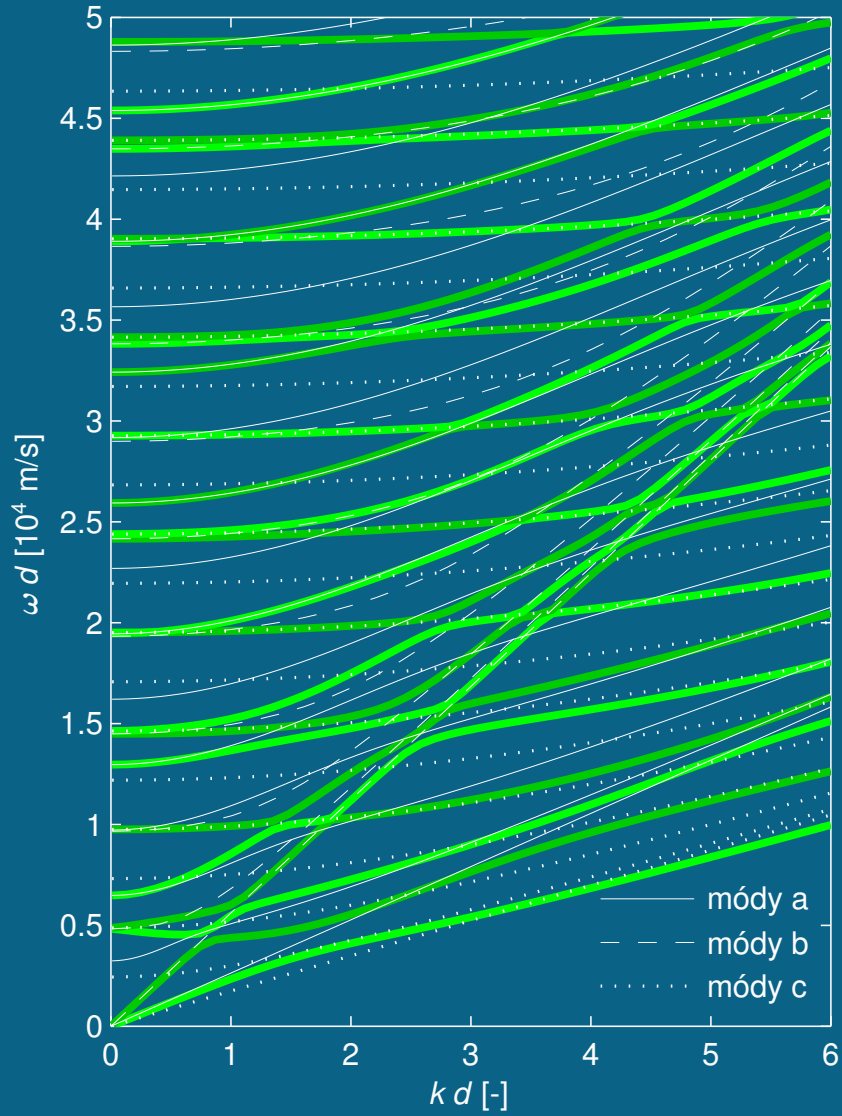


antisymetrické módy

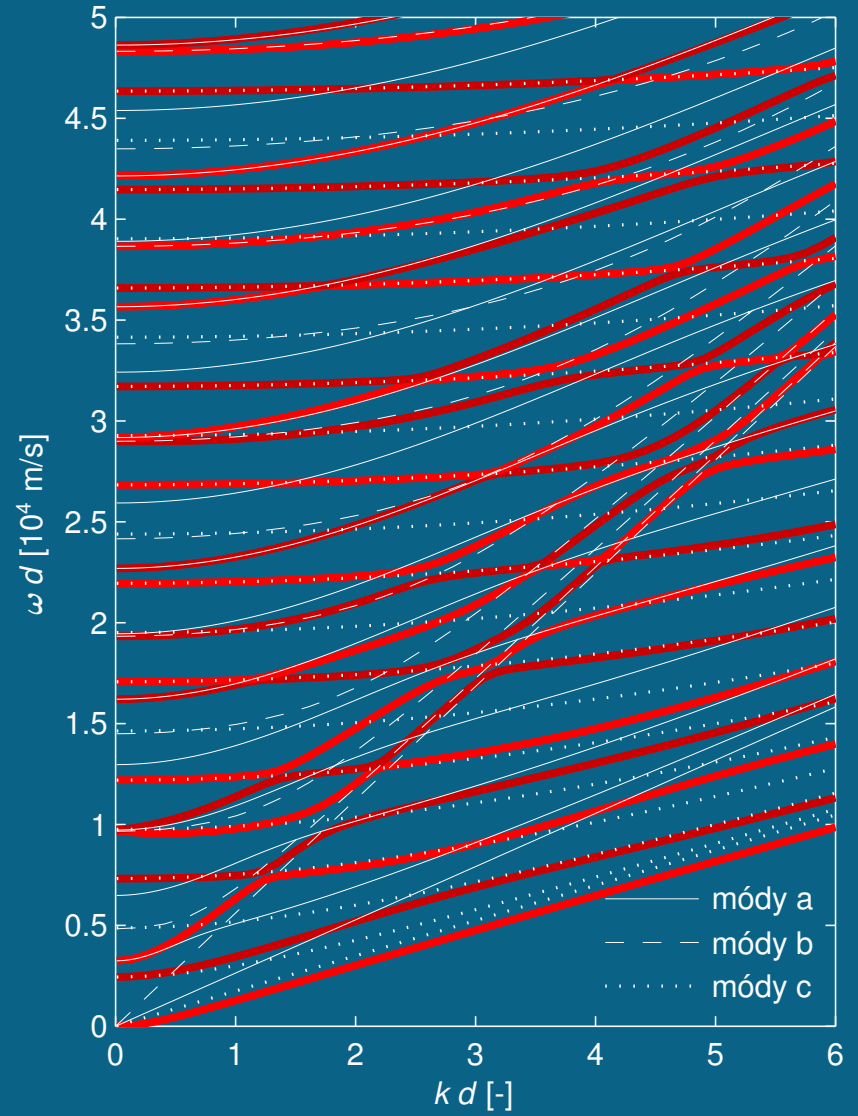


Směr šíření $\phi = 54^\circ$

symetrické módy

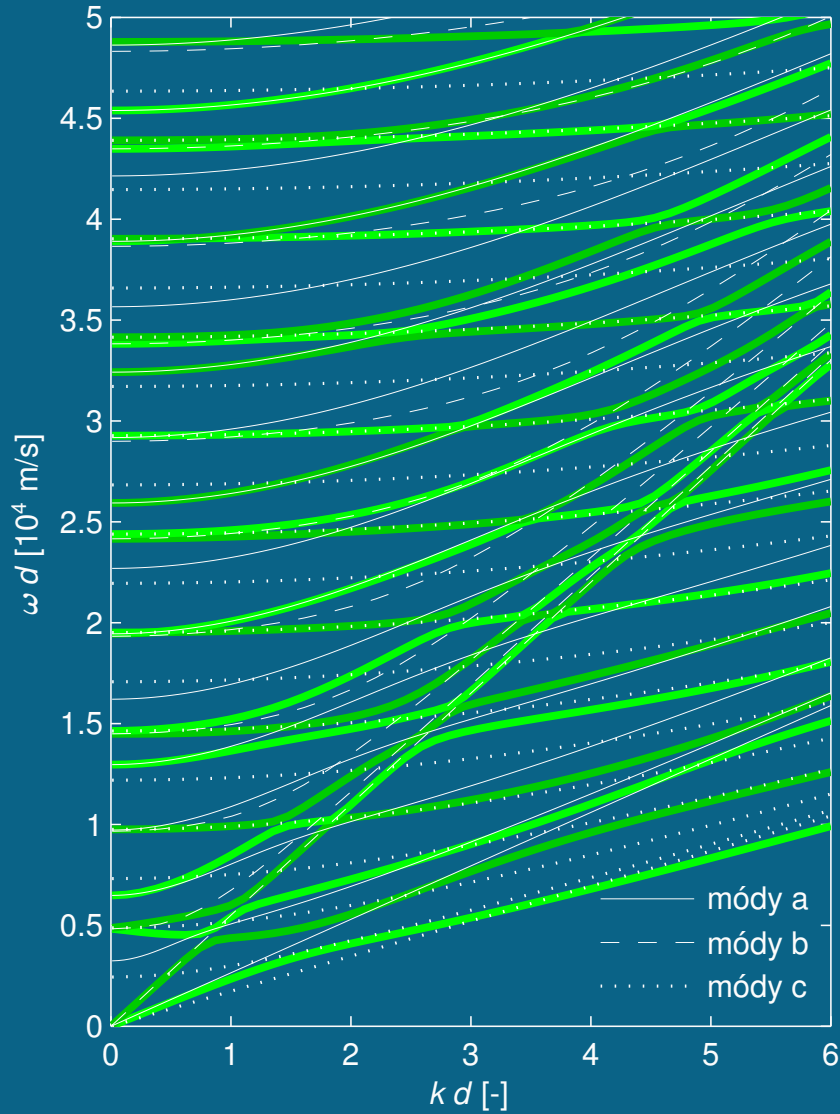


antisymetrické módy

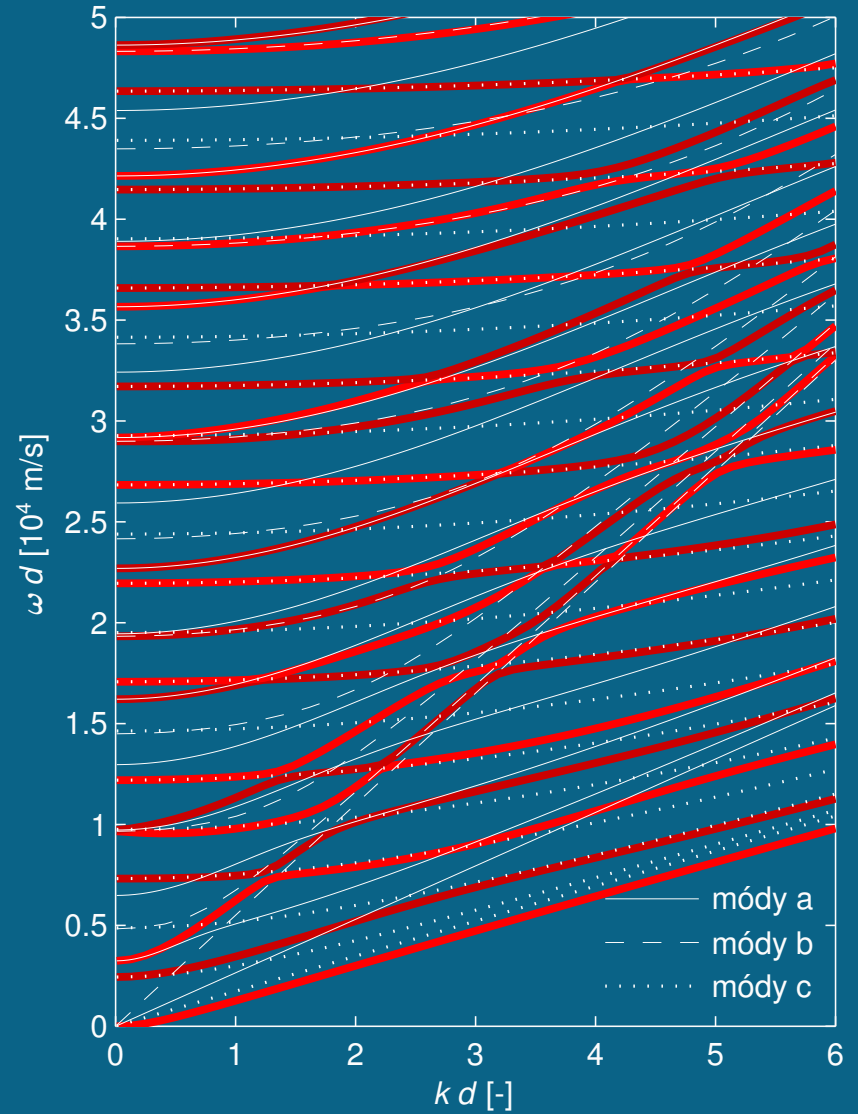


Směr šíření $\phi = 55^\circ$

symetrické módy

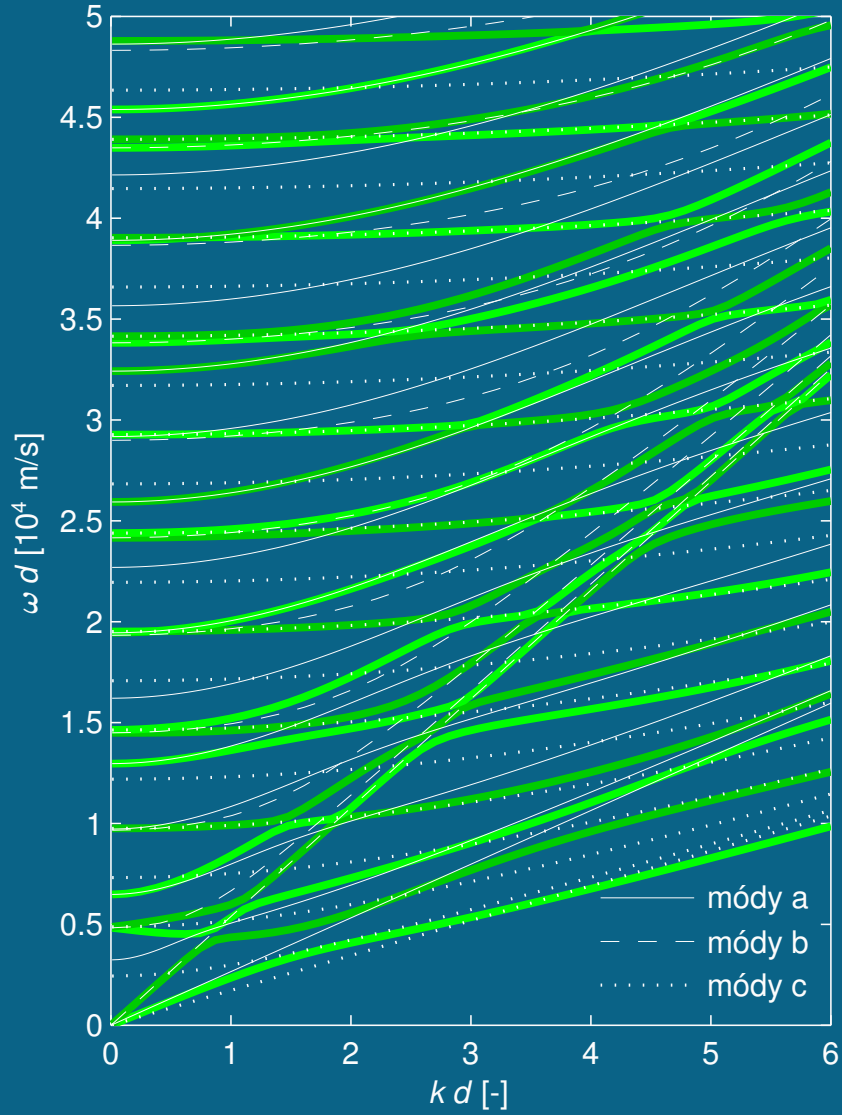


antisymetrické módy

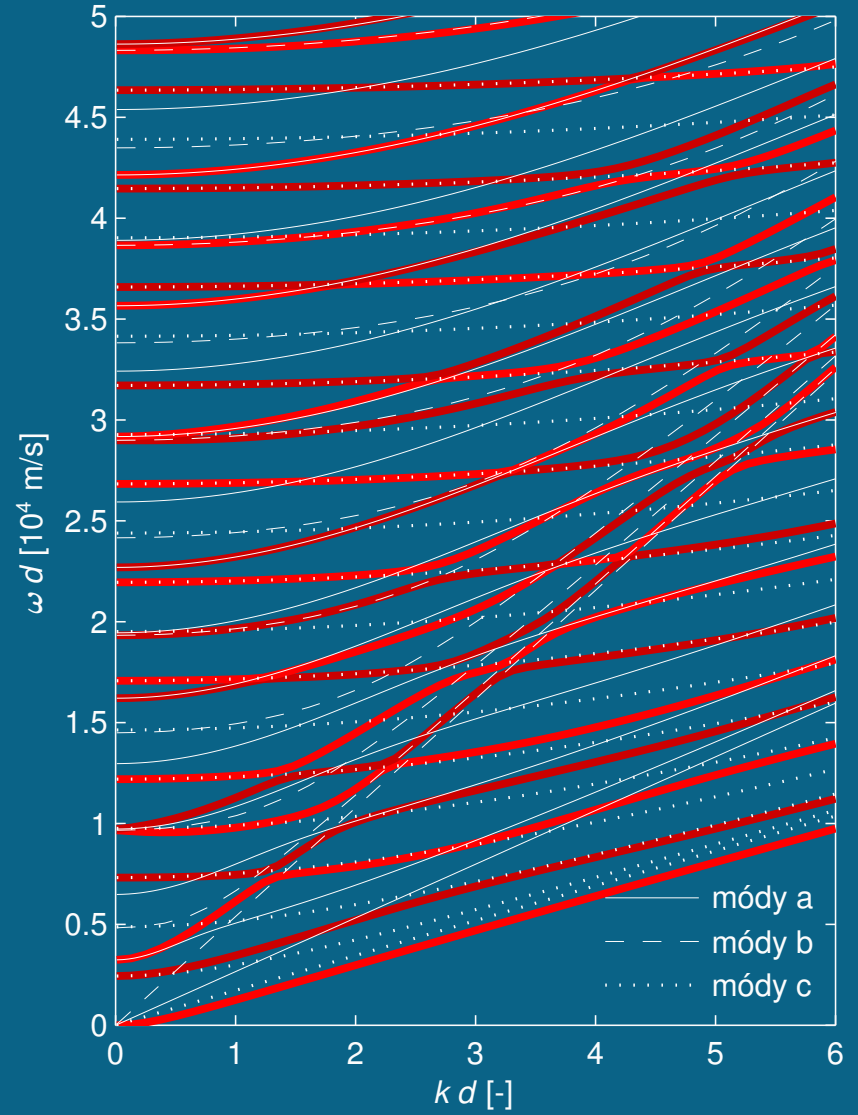


Směr šíření $\phi = 56^\circ$

symetrické módy

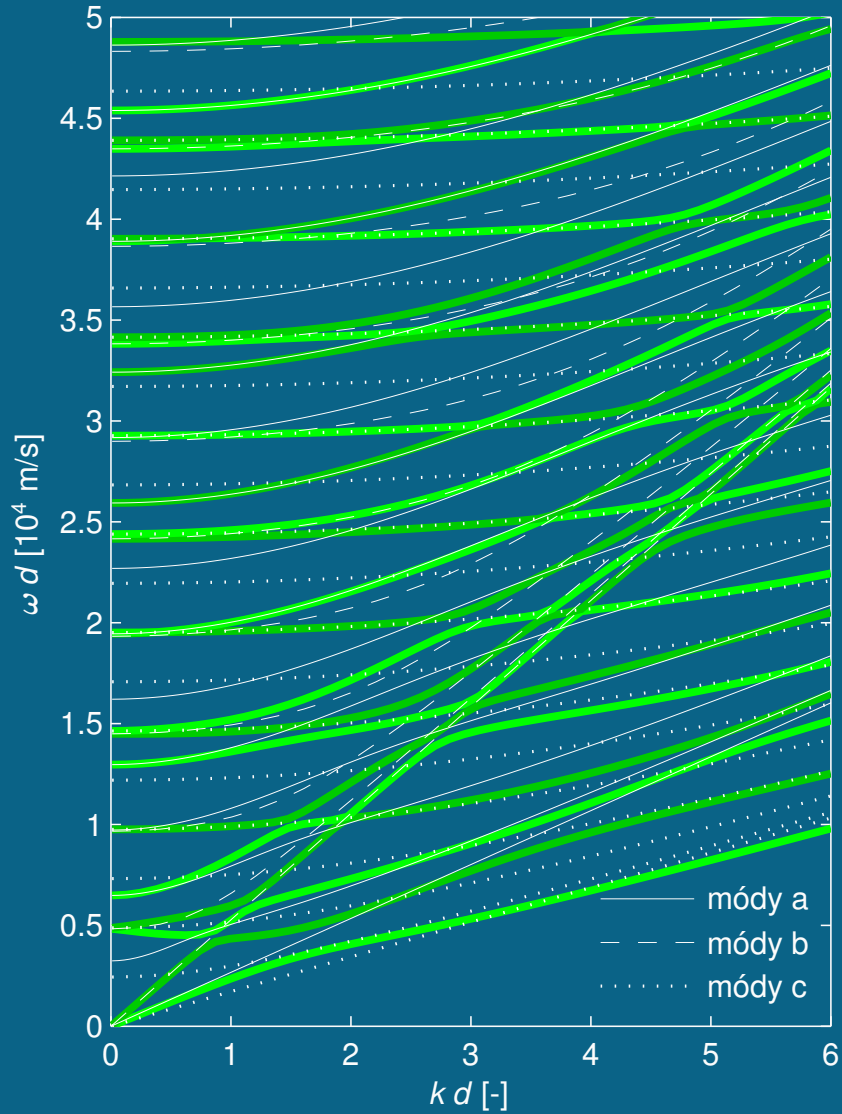


antisymetrické módy

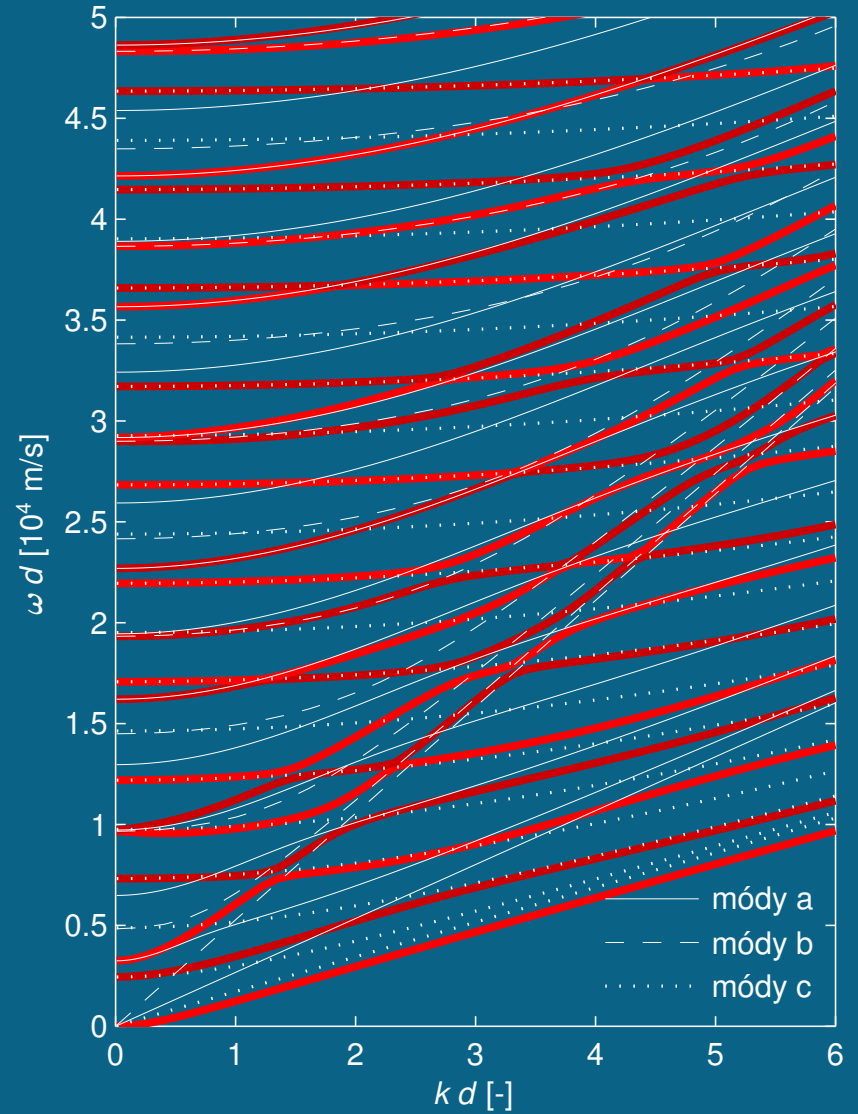


Směr šíření $\phi = 57^\circ$

symetrické módy

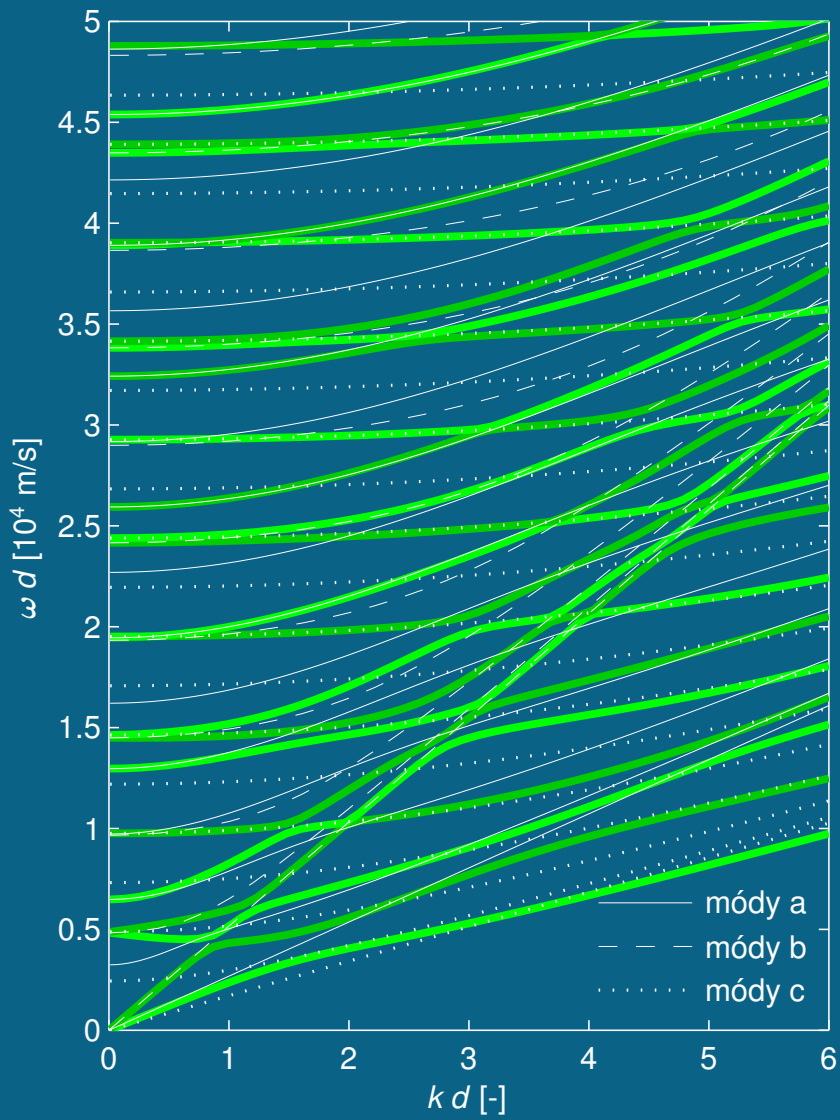


antisymetrické módy

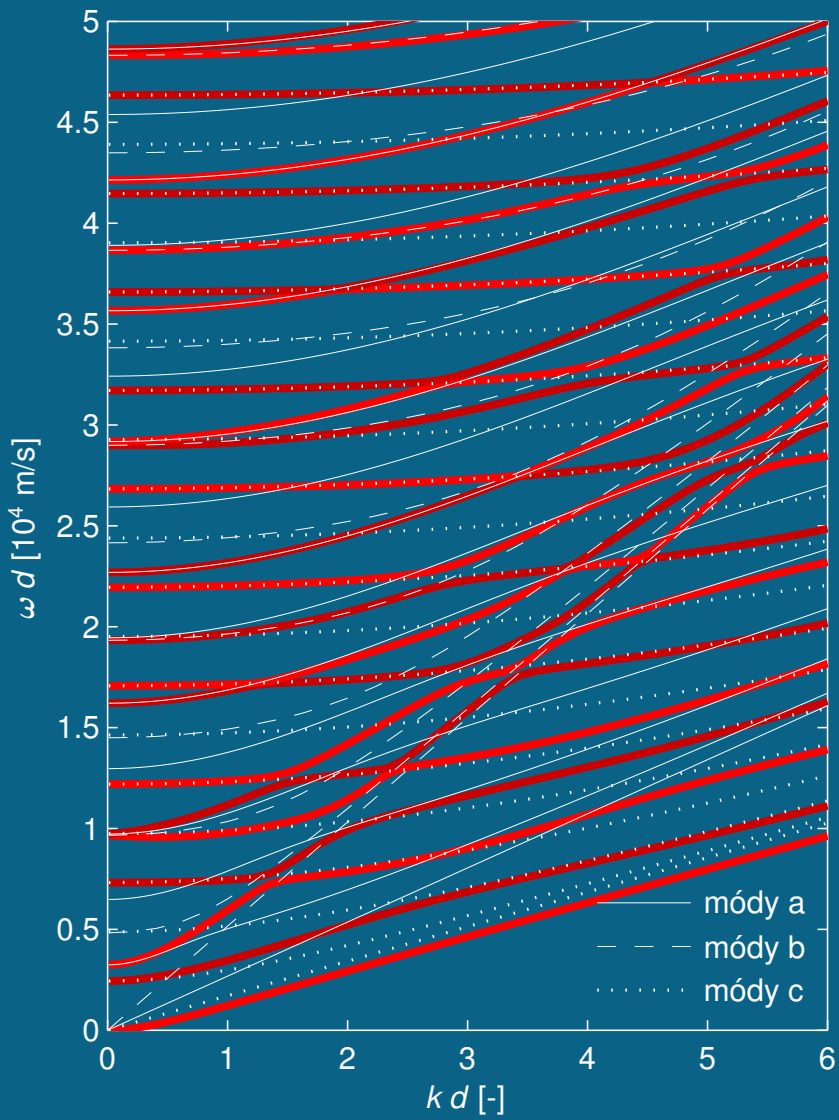


Směr šíření $\phi = 58^\circ$

symetrické módy

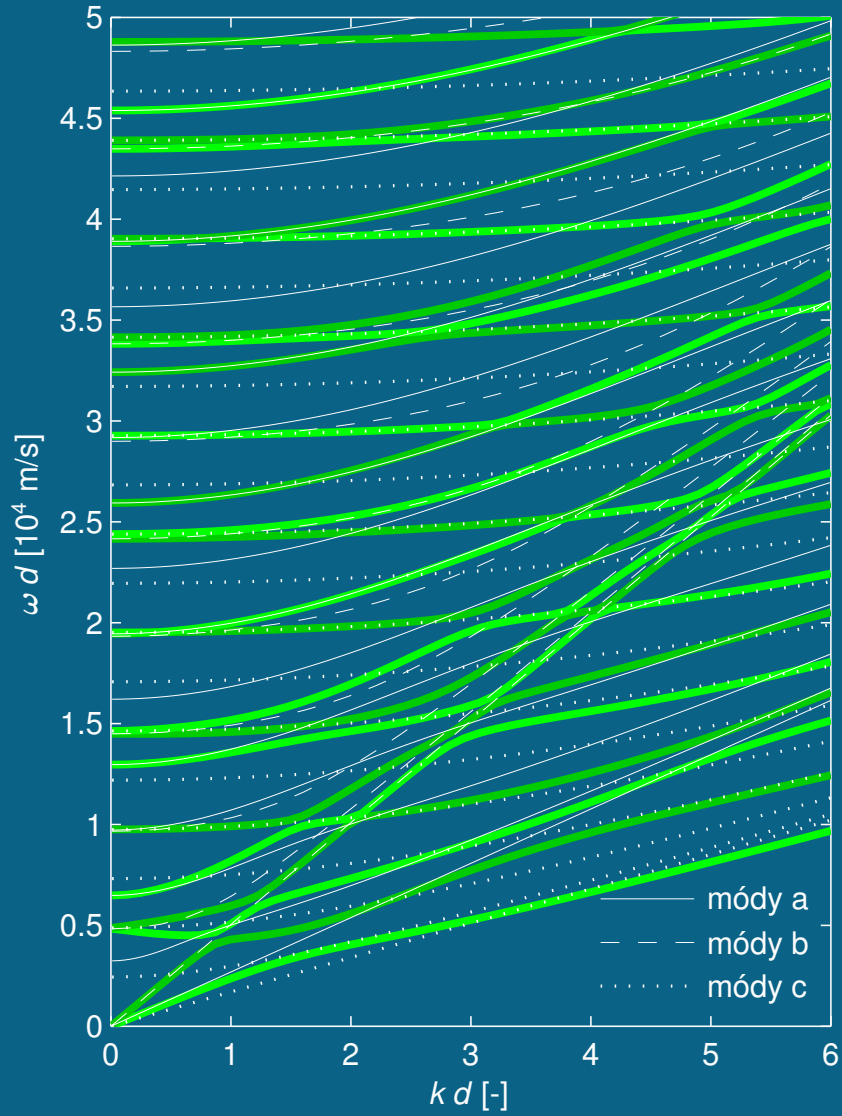


antisymetrické módy

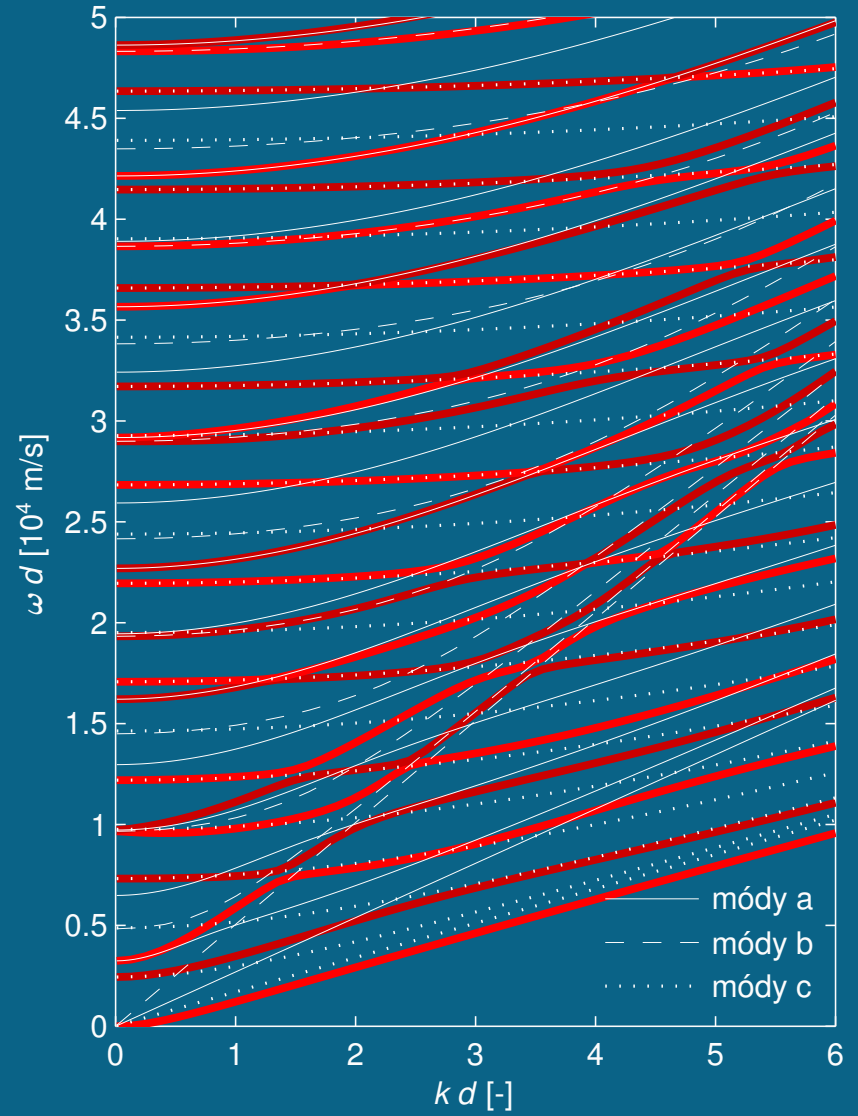


Směr šíření $\phi = 59^\circ$

symetrické módy

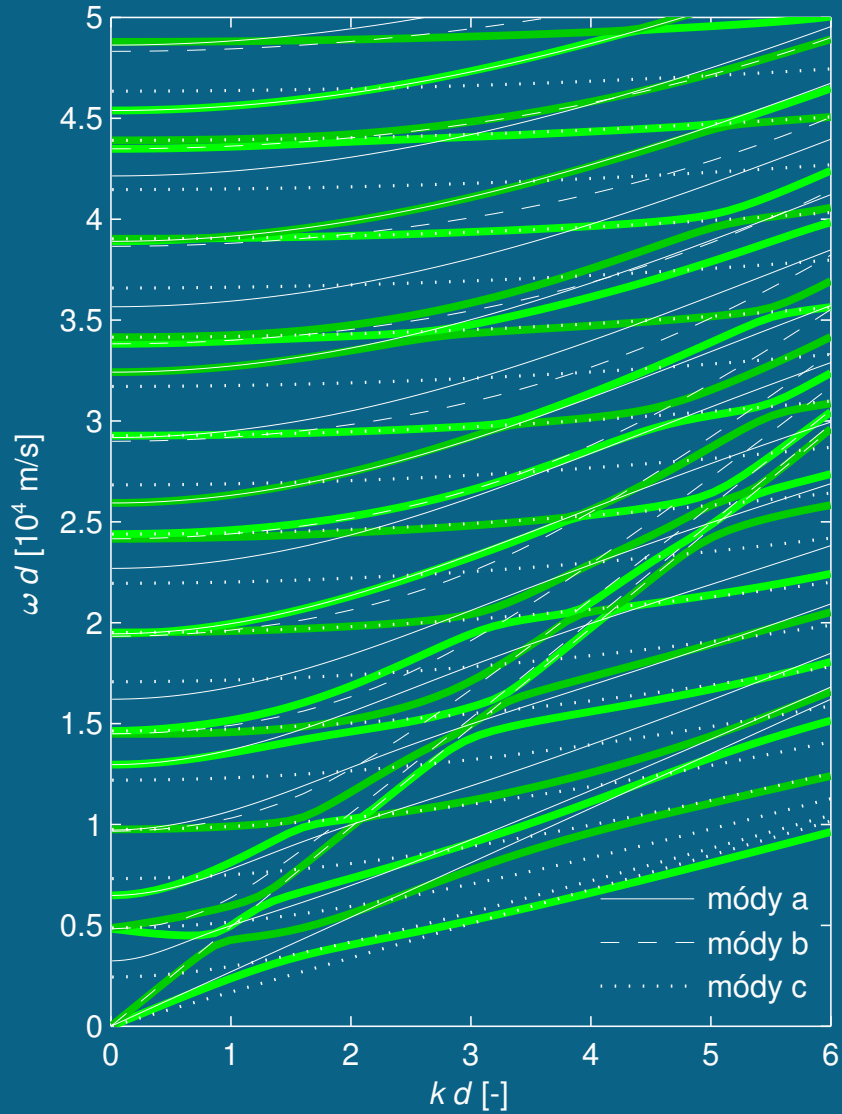


antisymetrické módy

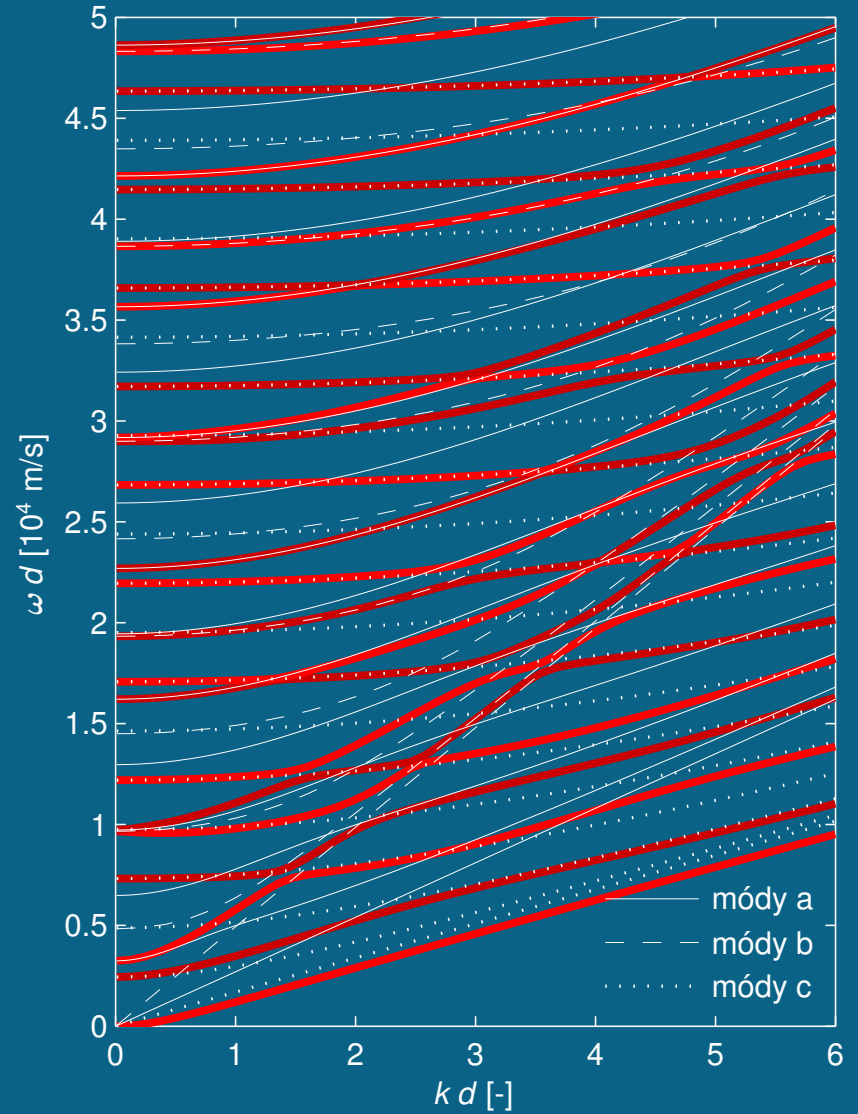


Směr šíření $\phi = 60^\circ$

symetrické módy

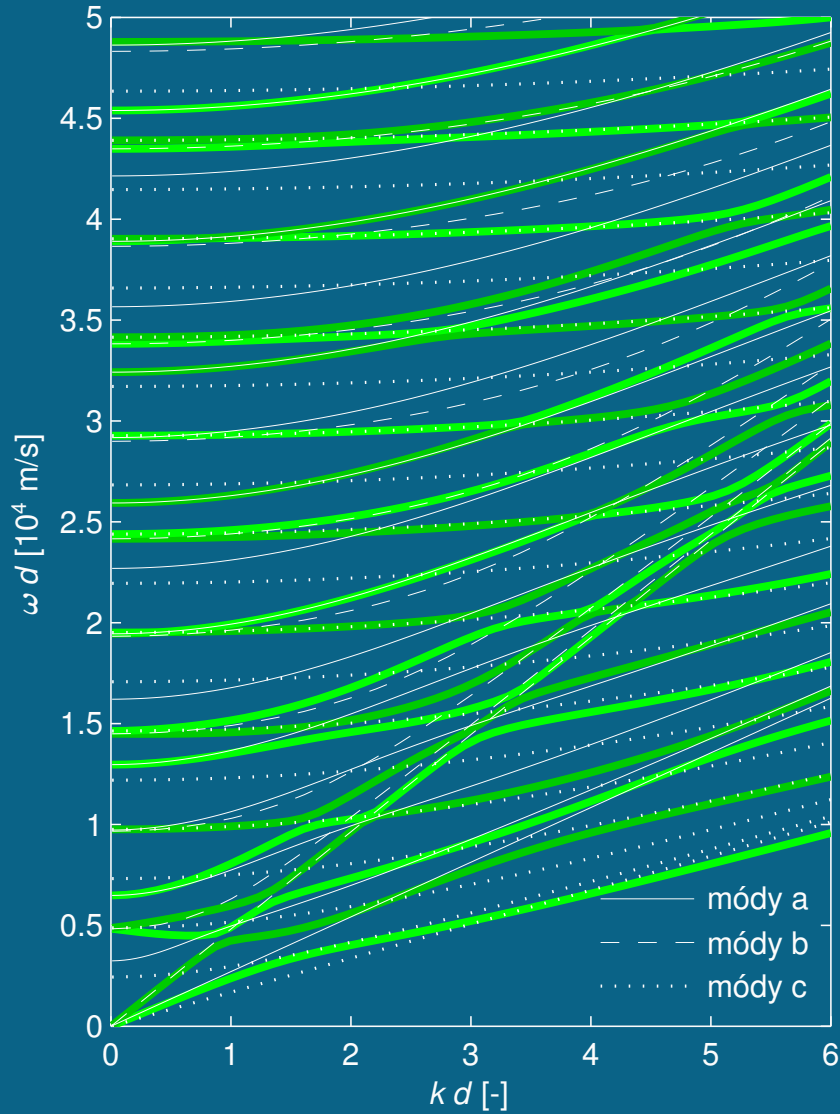


antisymetrické módy

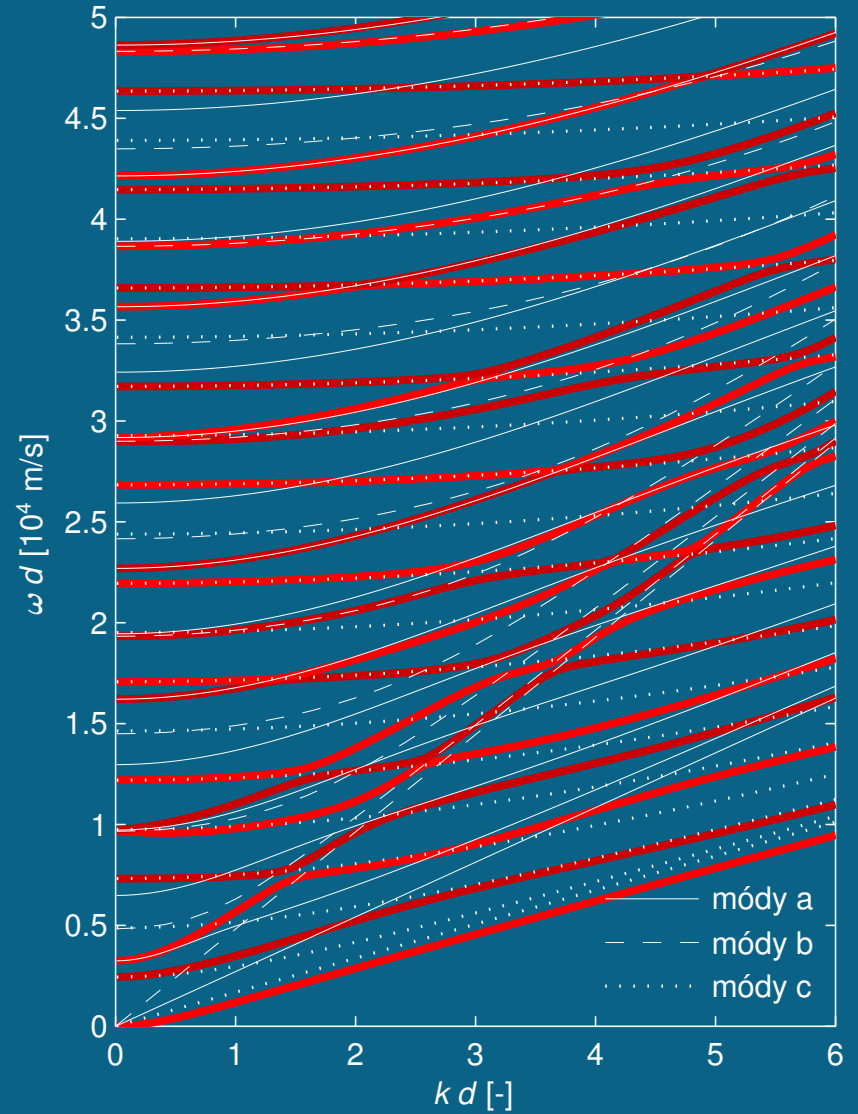


Směr šíření $\phi = 61^\circ$

symetrické módy

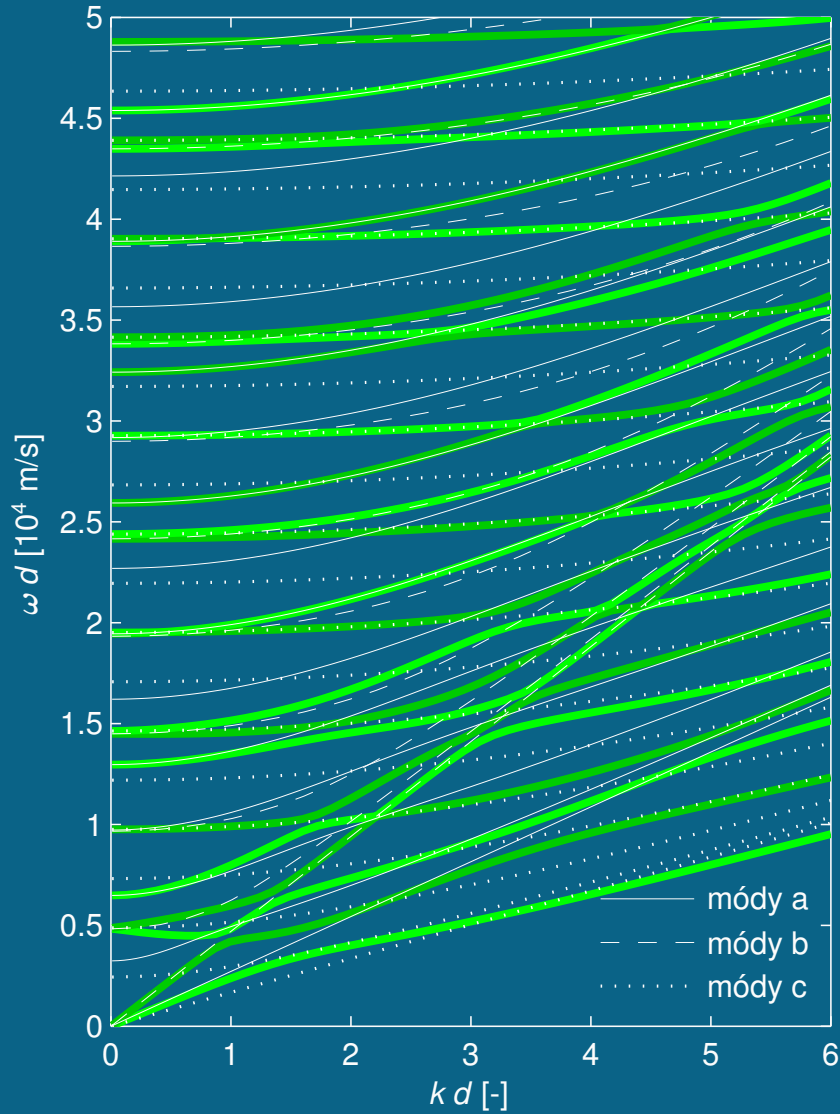


antisymetrické módy

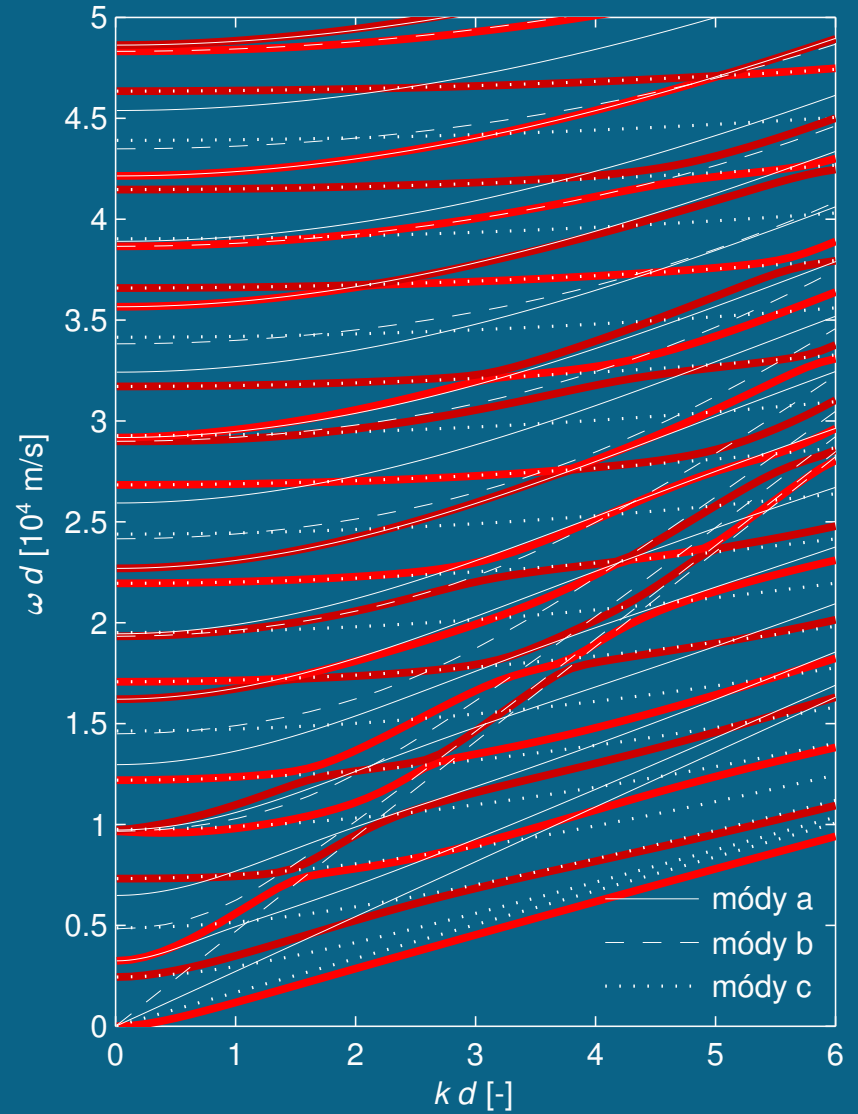


Směr šíření $\phi = 62^\circ$

symetrické módy

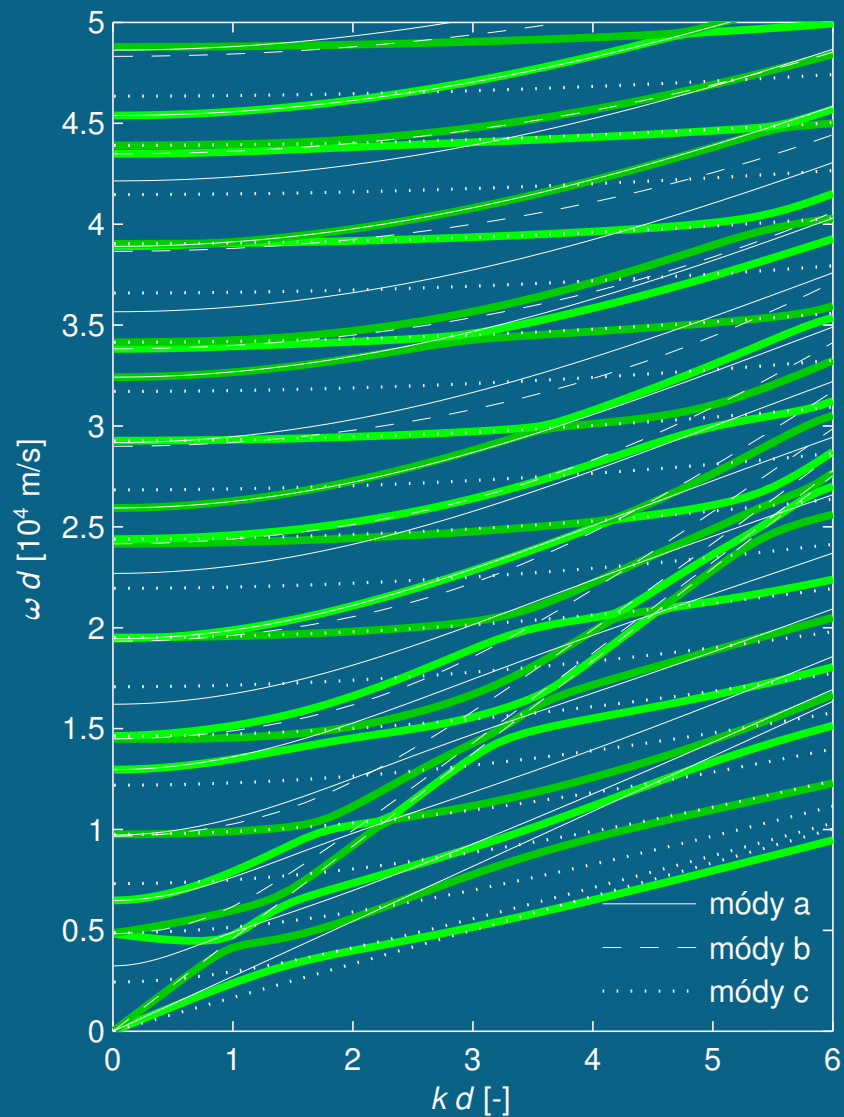


antisymetrické módy

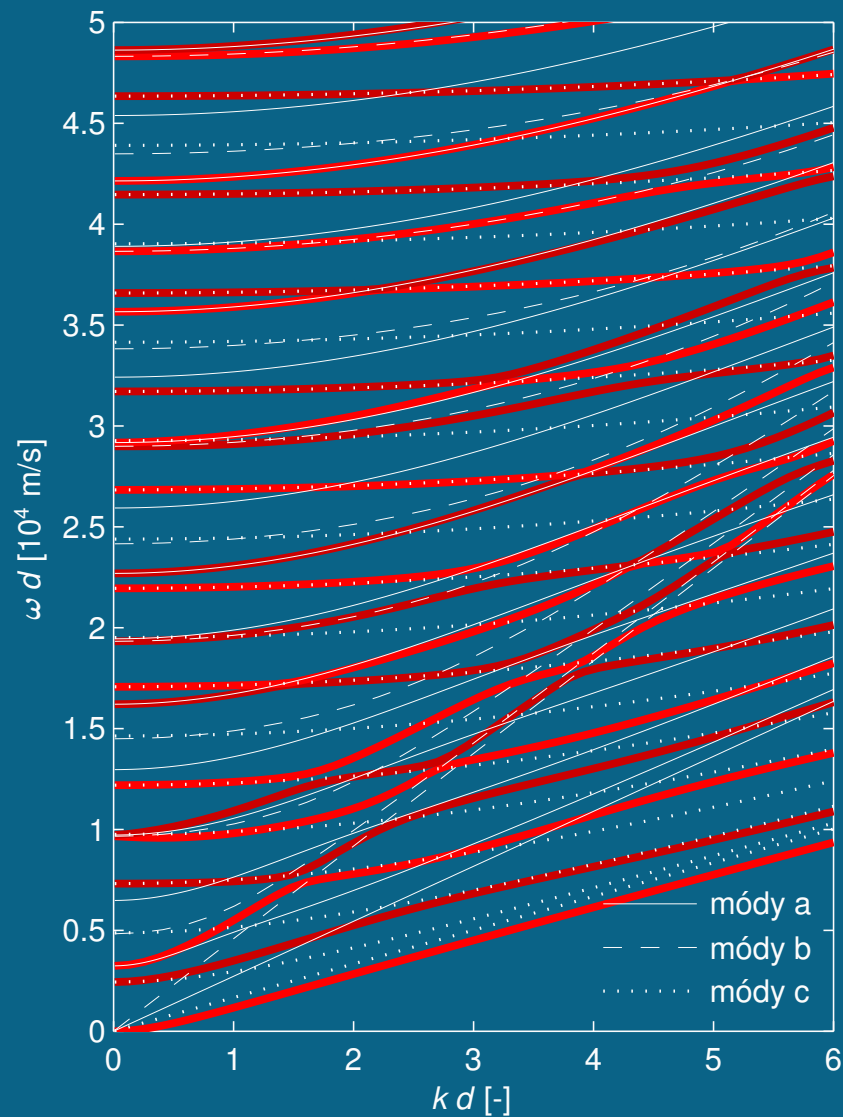


Směr šíření $\phi = 63^\circ$

symetrické módy

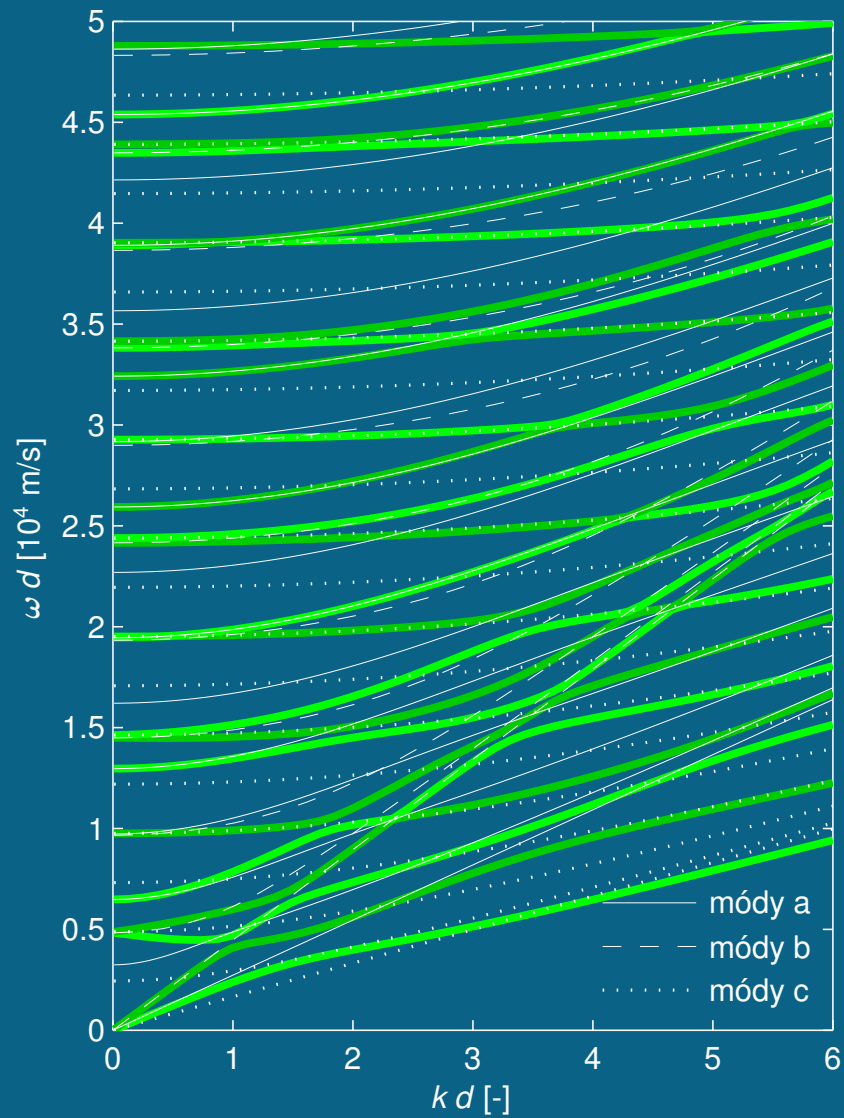


antisymetrické módy

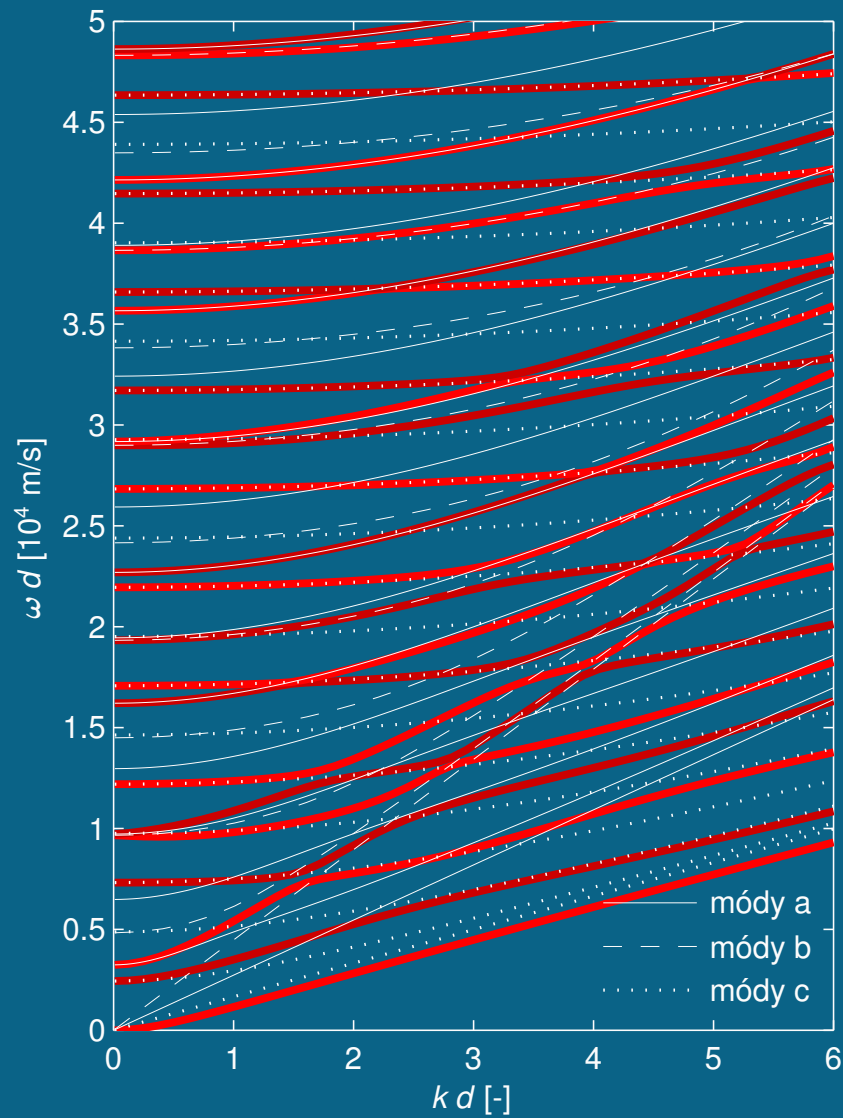


Směr šíření $\phi = 64^\circ$

symetrické módy

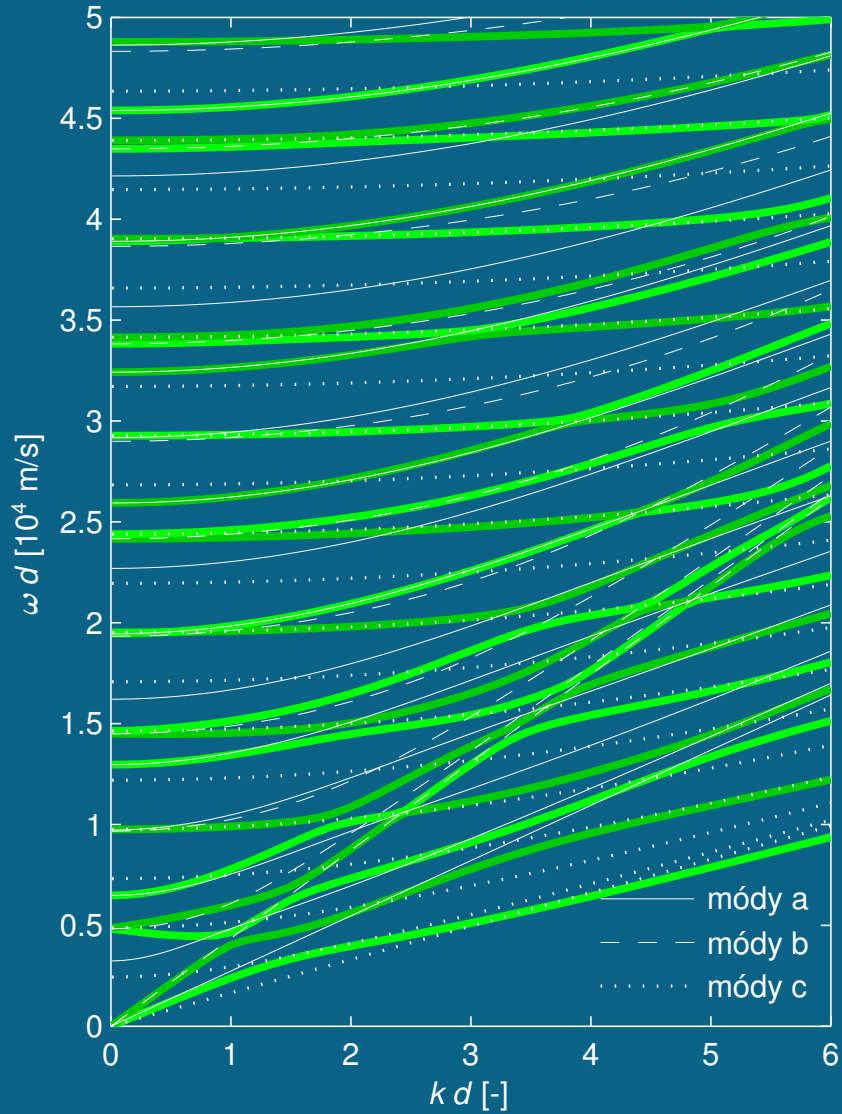


antisymetrické módy

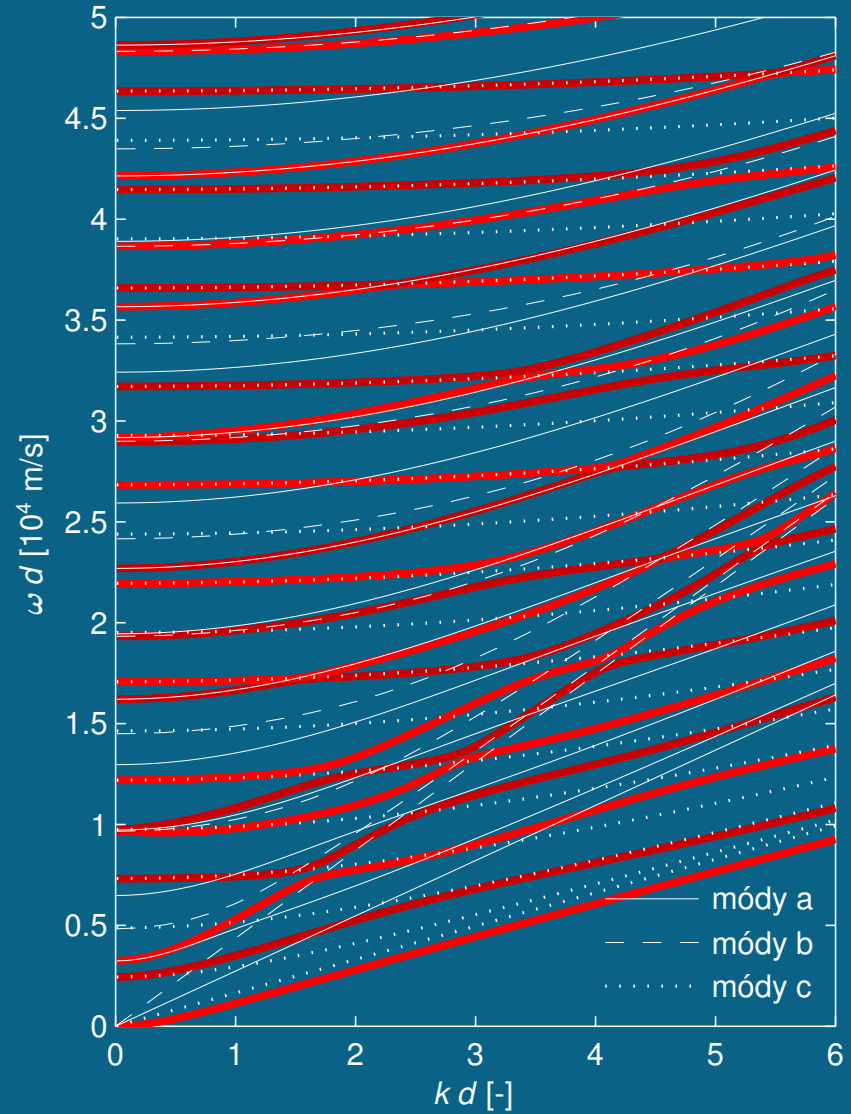


Směr šíření $\phi = 65^\circ$

symetrické módy

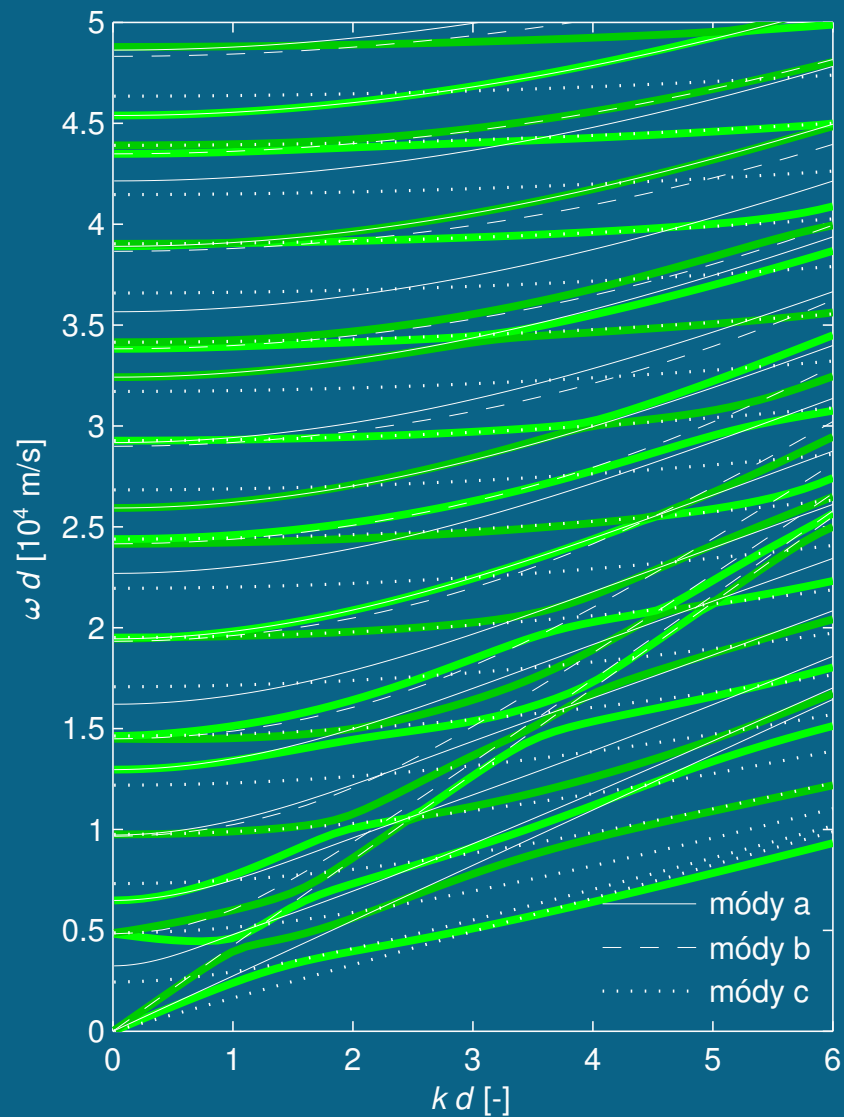


antisymetrické módy

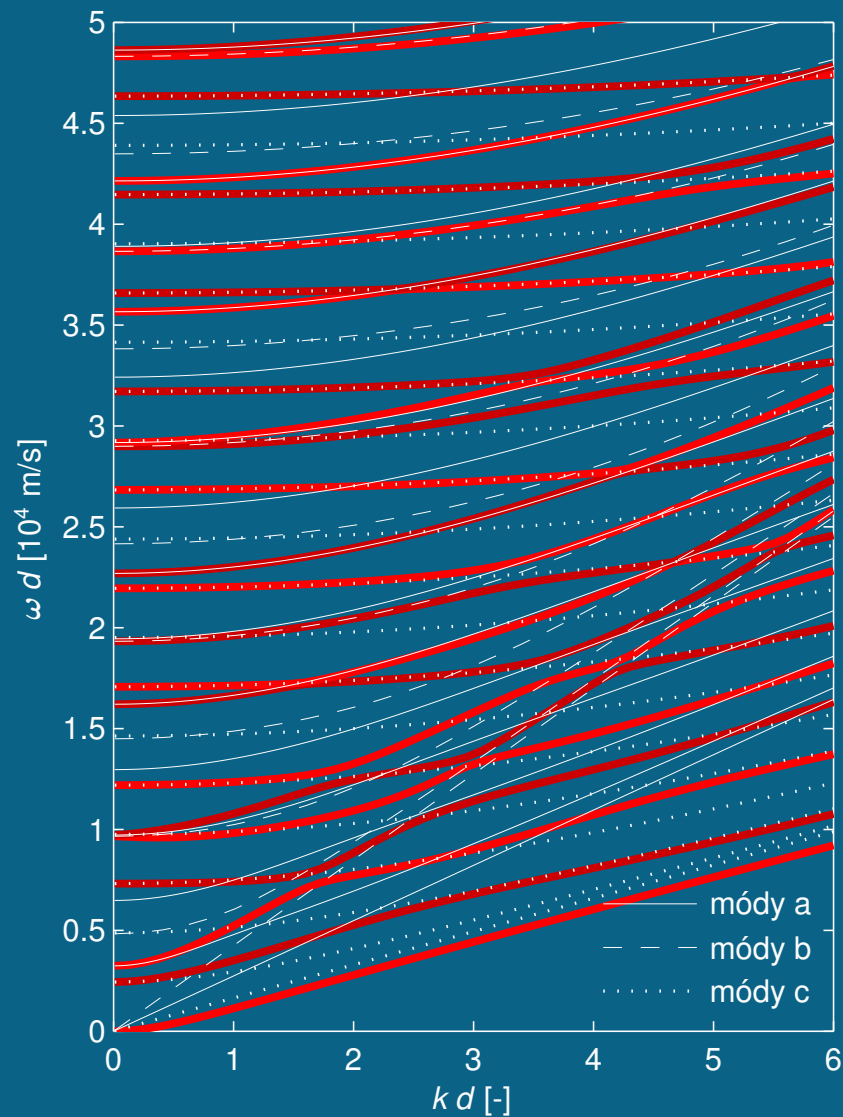


Směr šíření $\phi = 66^\circ$

symetrické módy

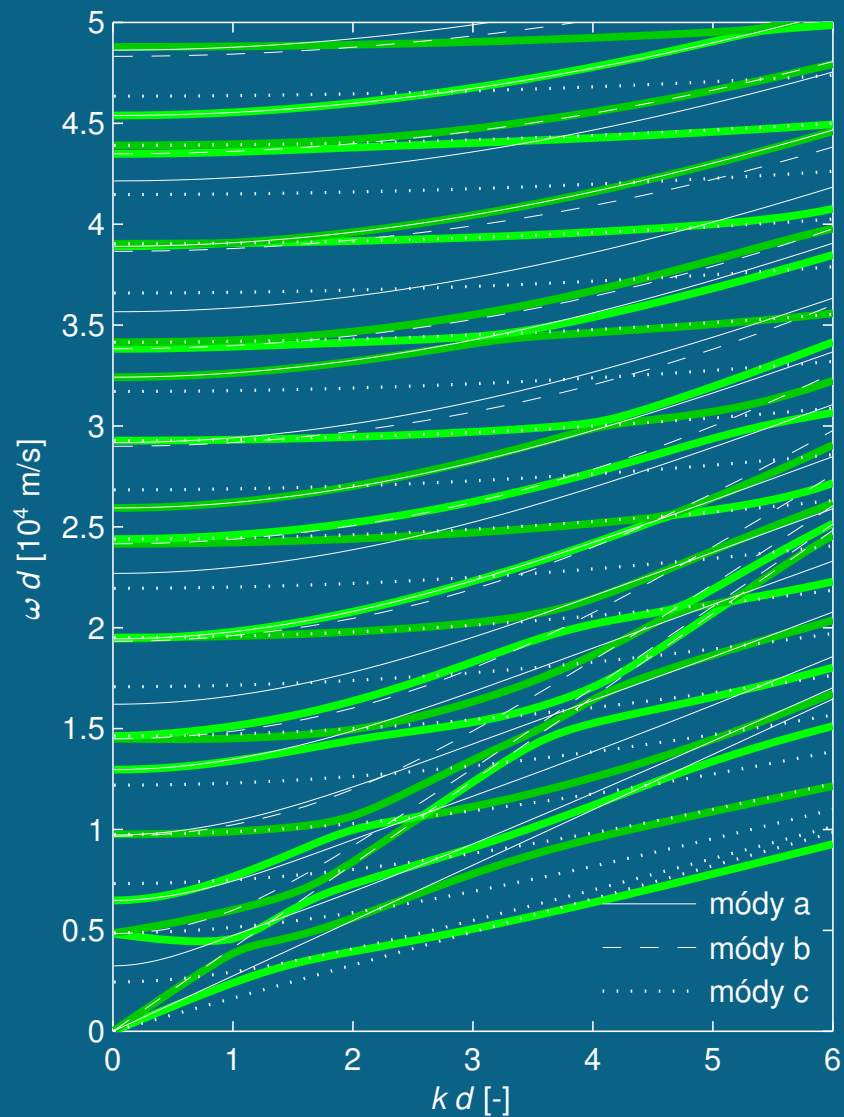


antisymetrické módy

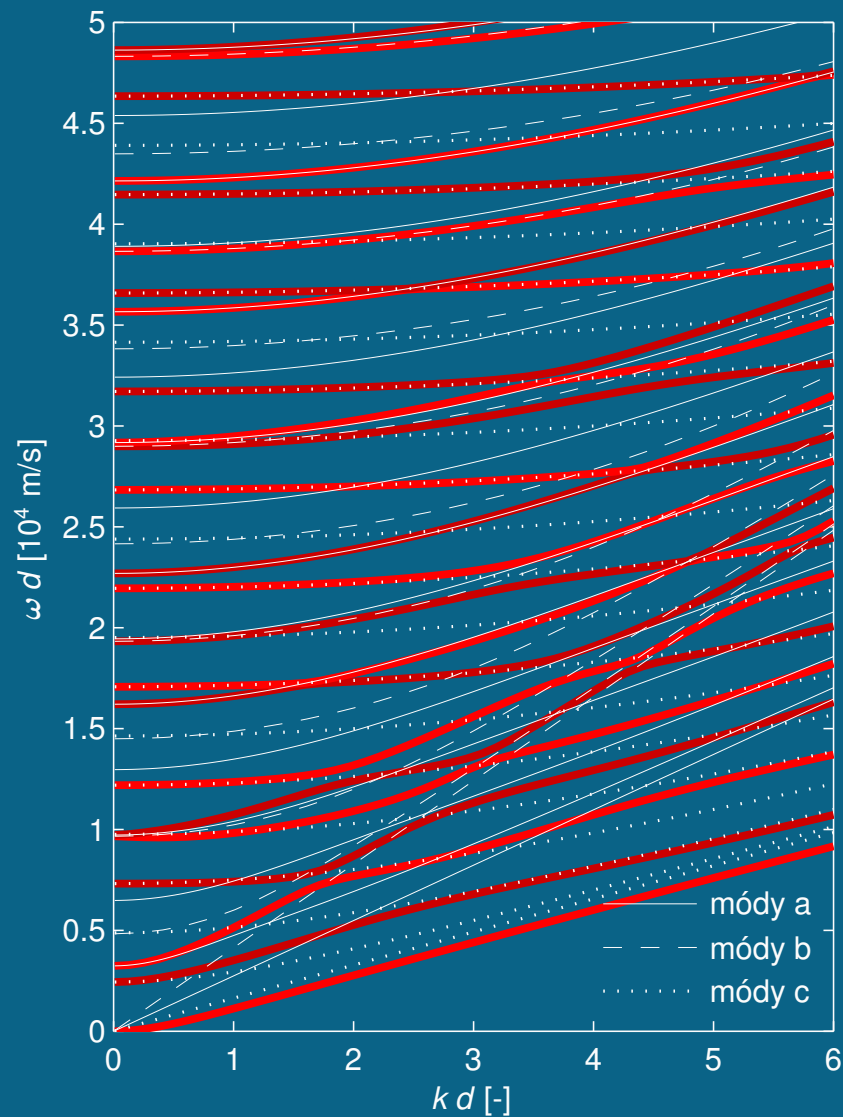


Směr šíření $\phi = 67^\circ$

symetrické módy

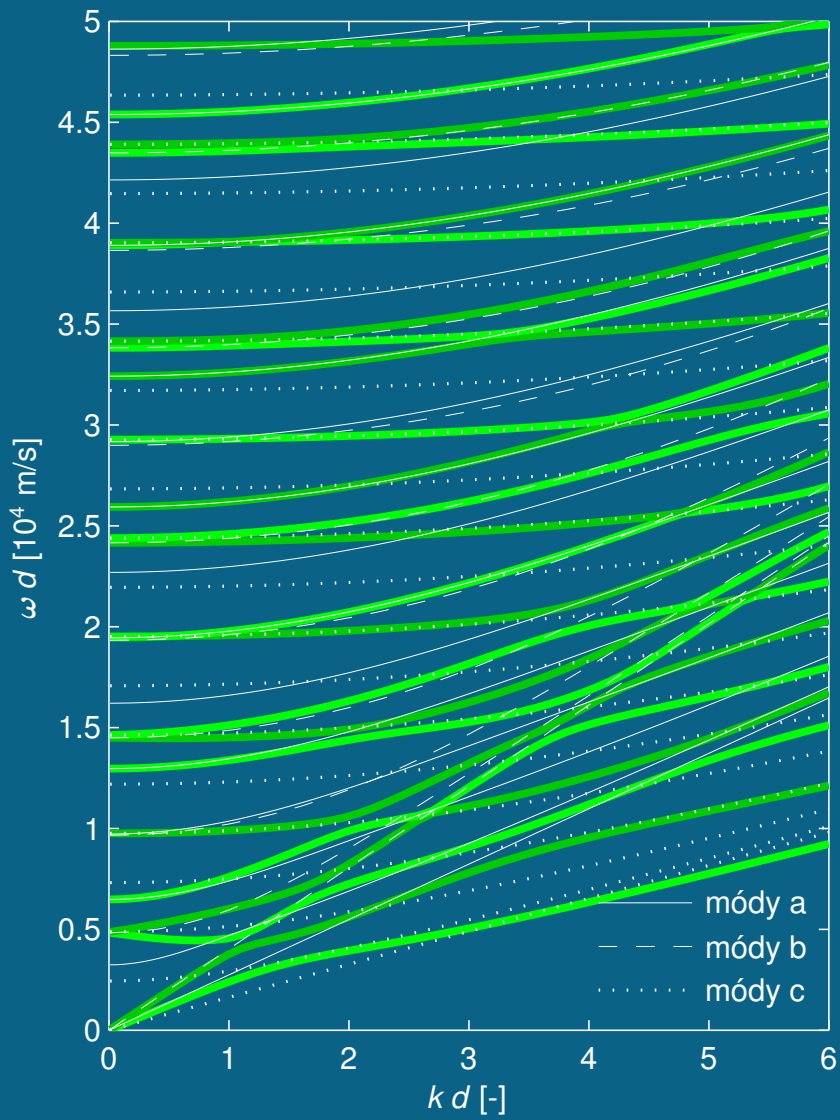


antisymetrické módy

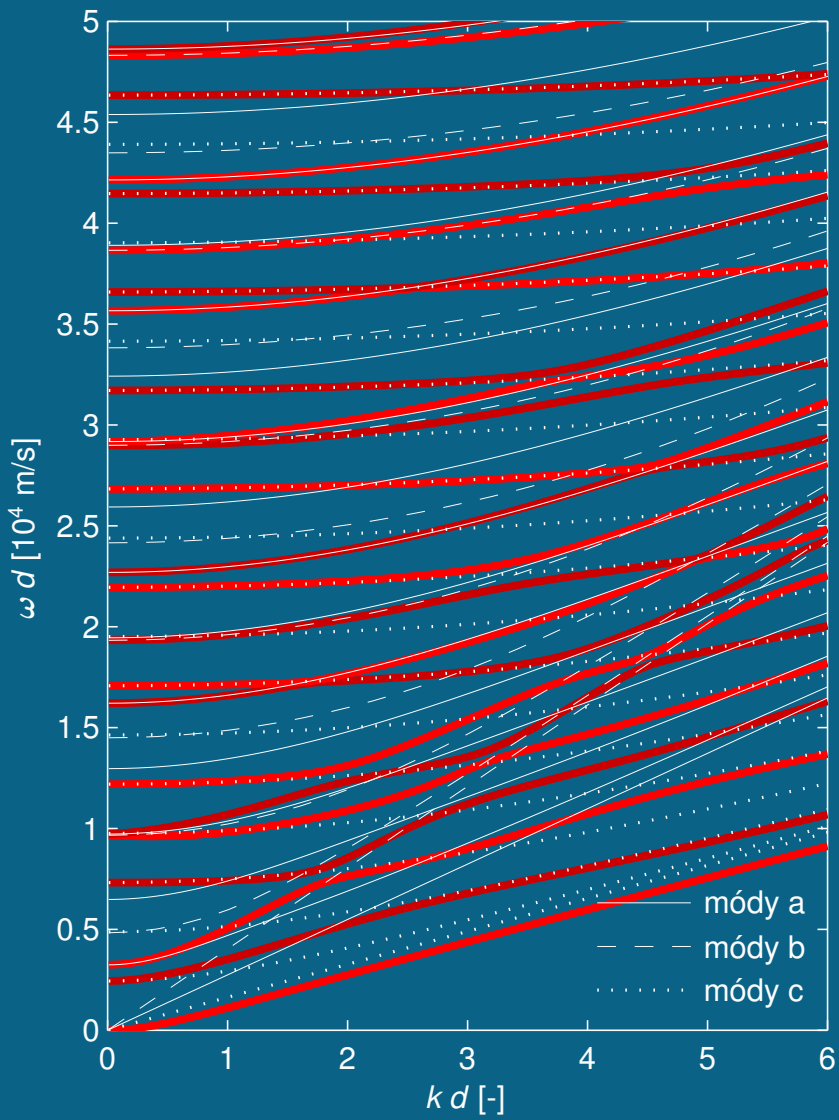


Směr šíření $\phi = 68^\circ$

symetrické módy

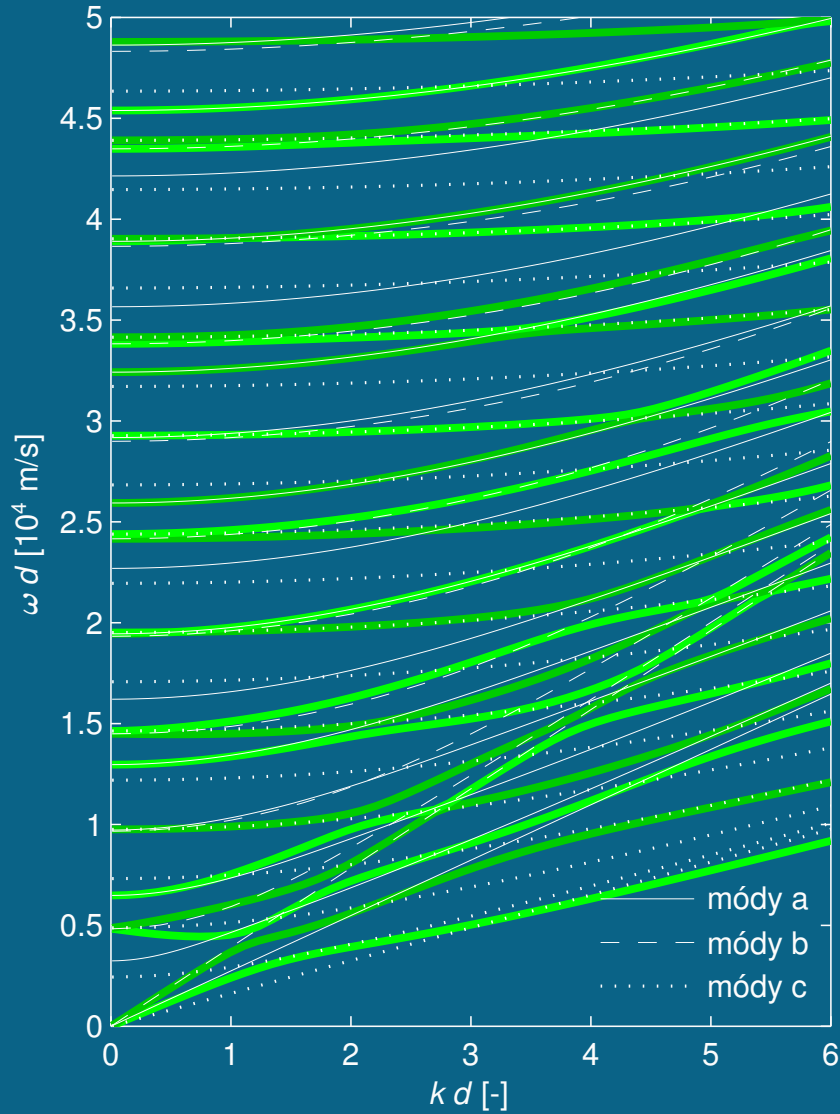


antisymetrické módy

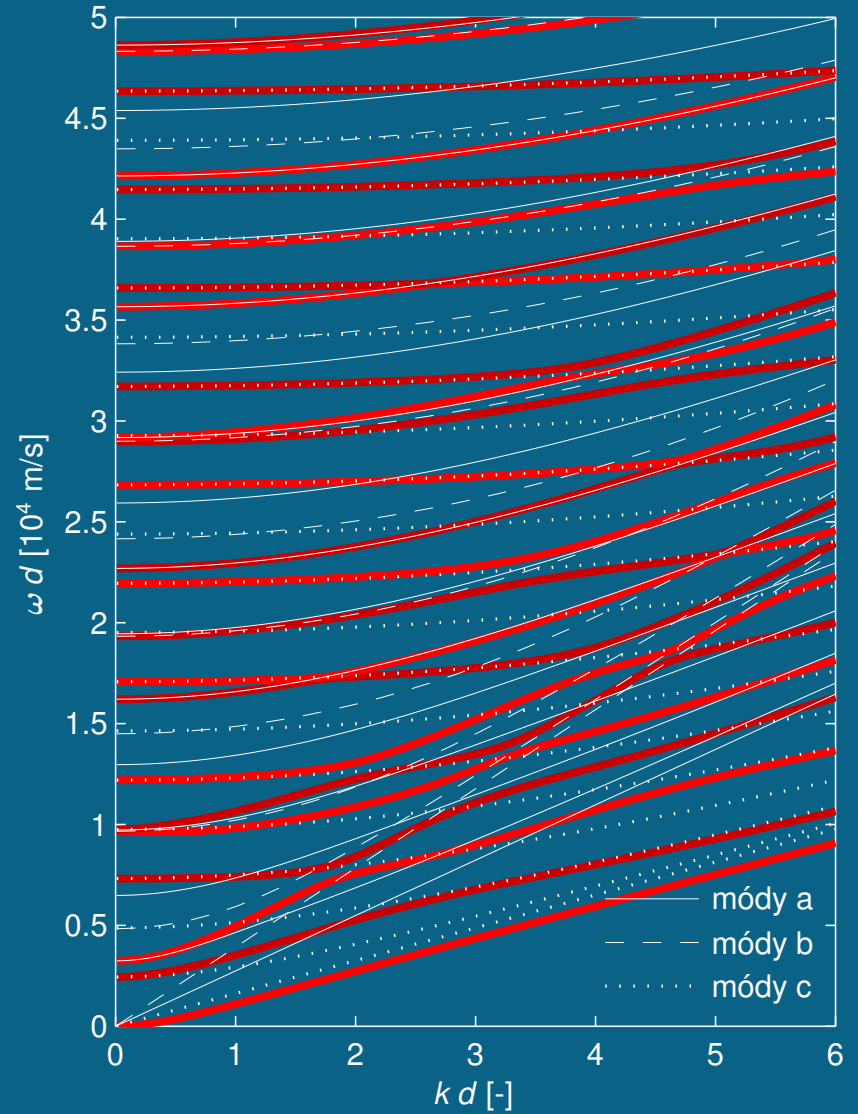


Směr šíření $\phi = 69^\circ$

symetrické módy

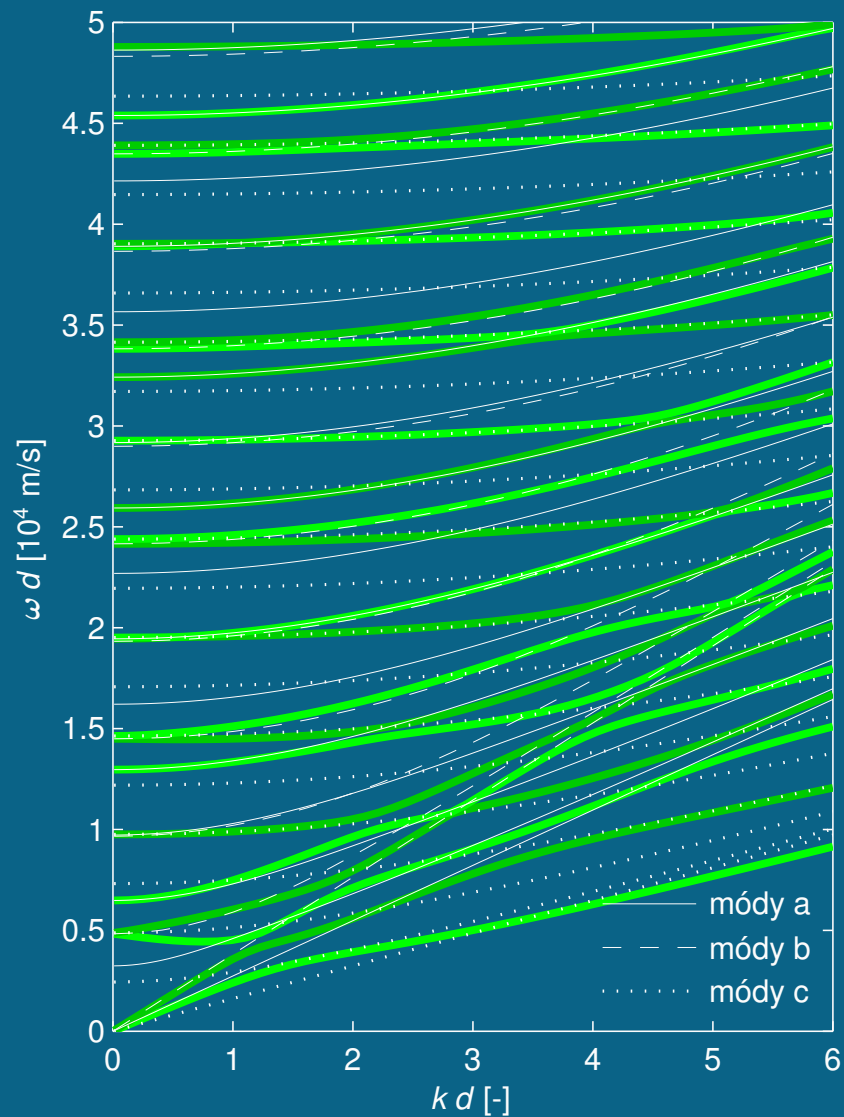


antisymetrické módy

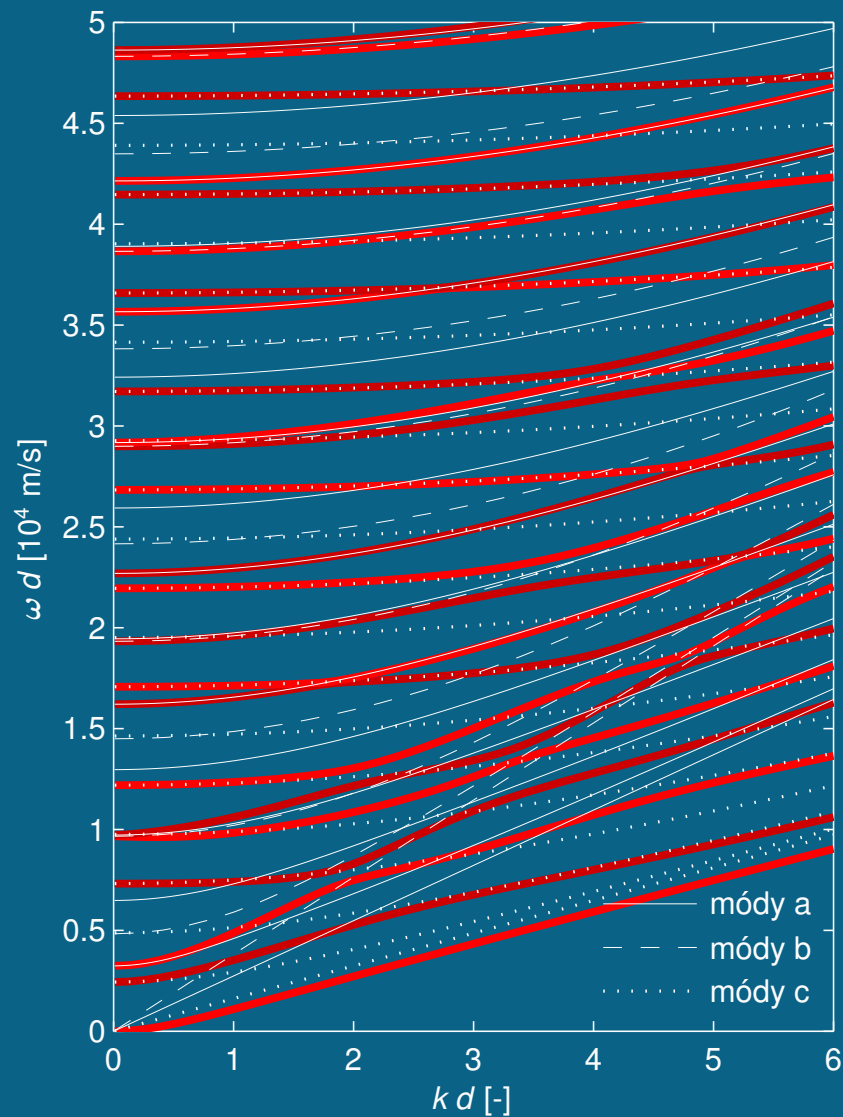


Směr šíření $\phi = 70^\circ$

symetrické módy

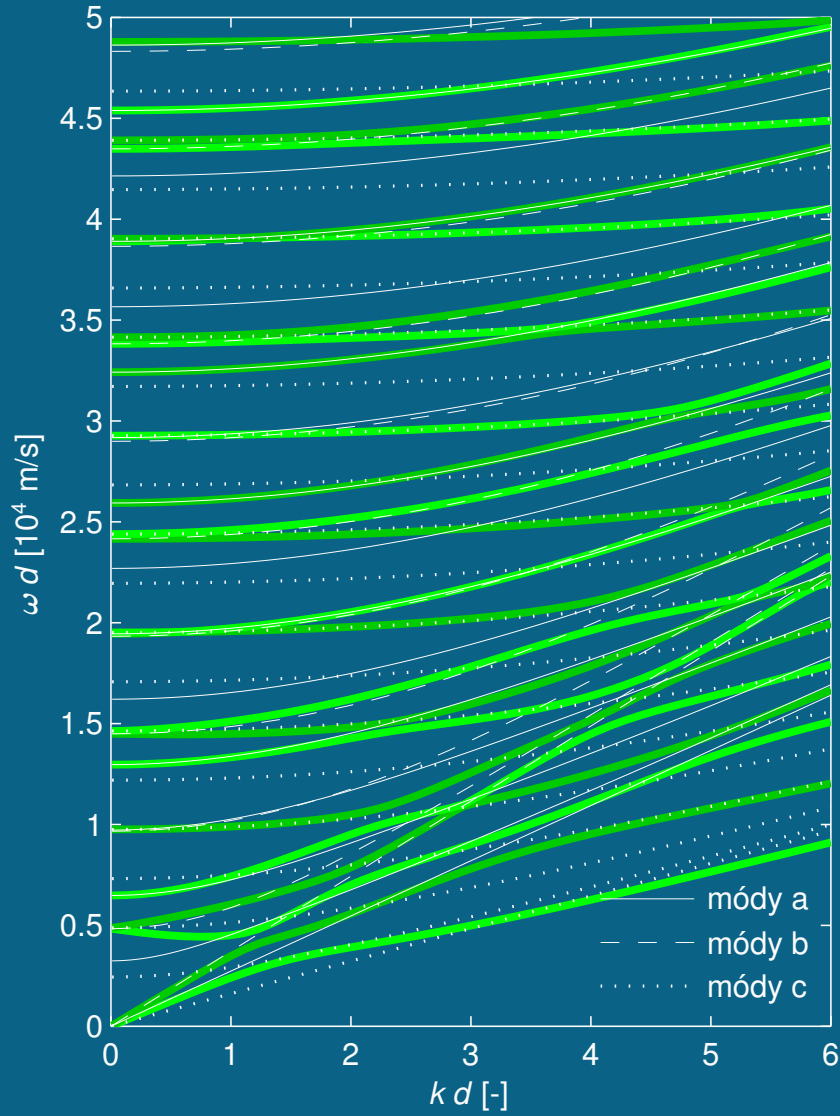


antisymetrické módy

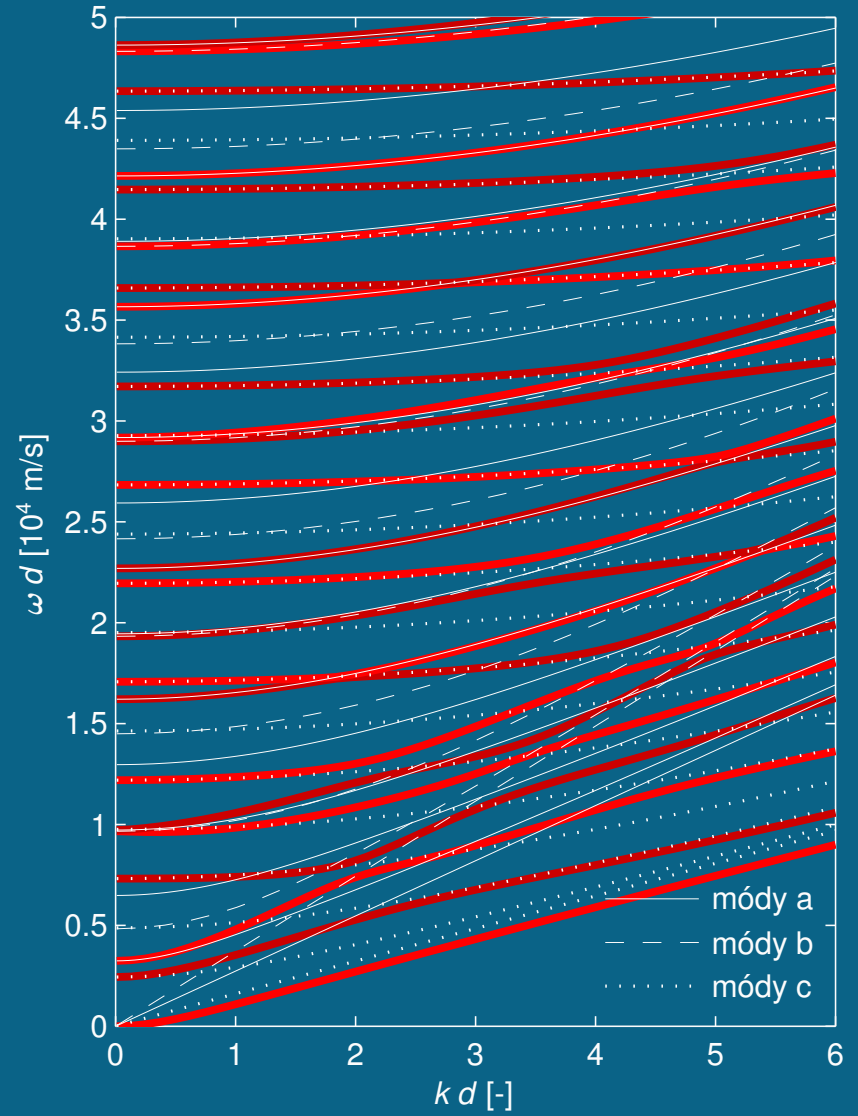


Směr šíření $\phi = 71^\circ$

symetrické módy

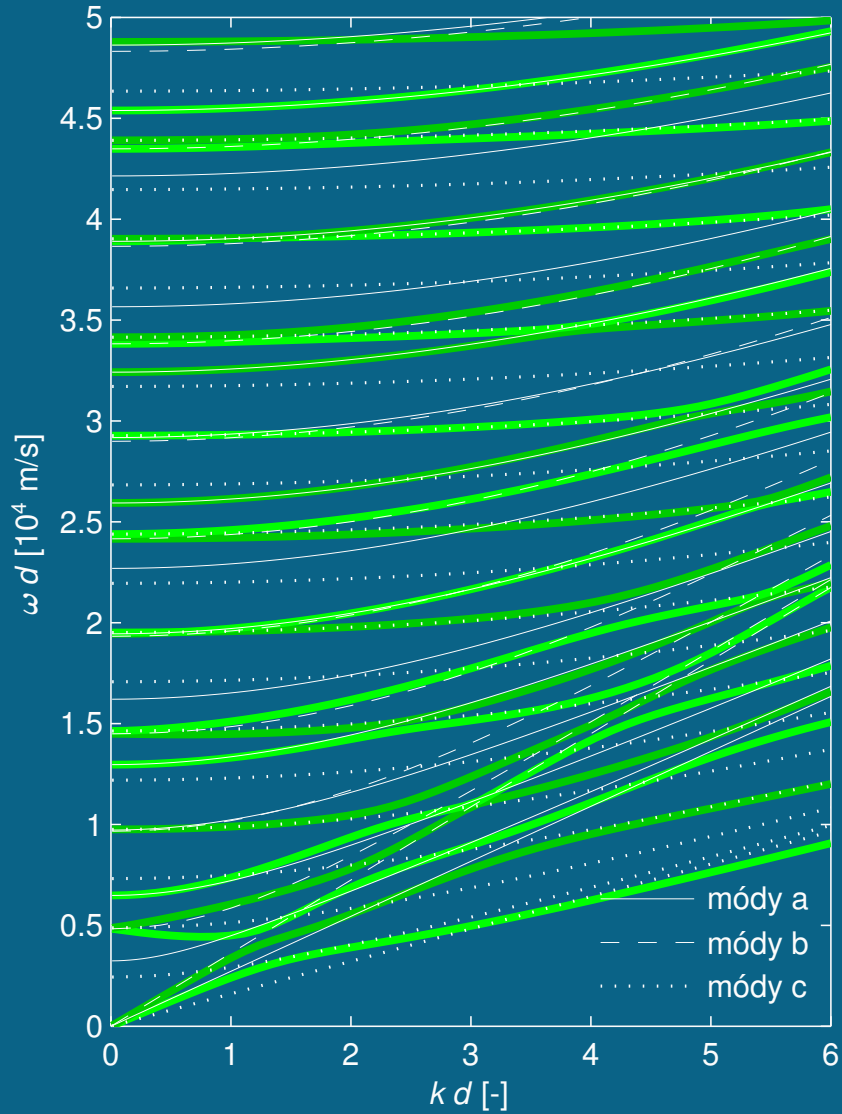


antisymetrické módy

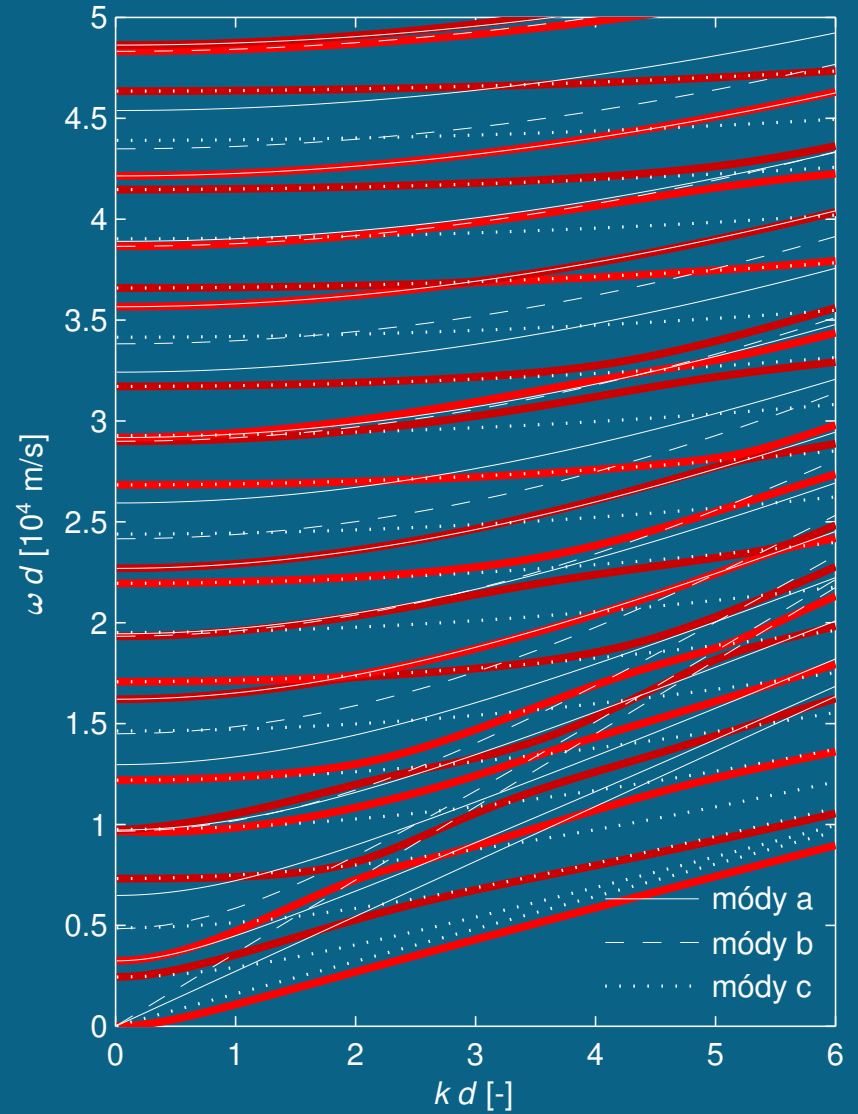


Směr šíření $\phi = 72^\circ$

symetrické módy

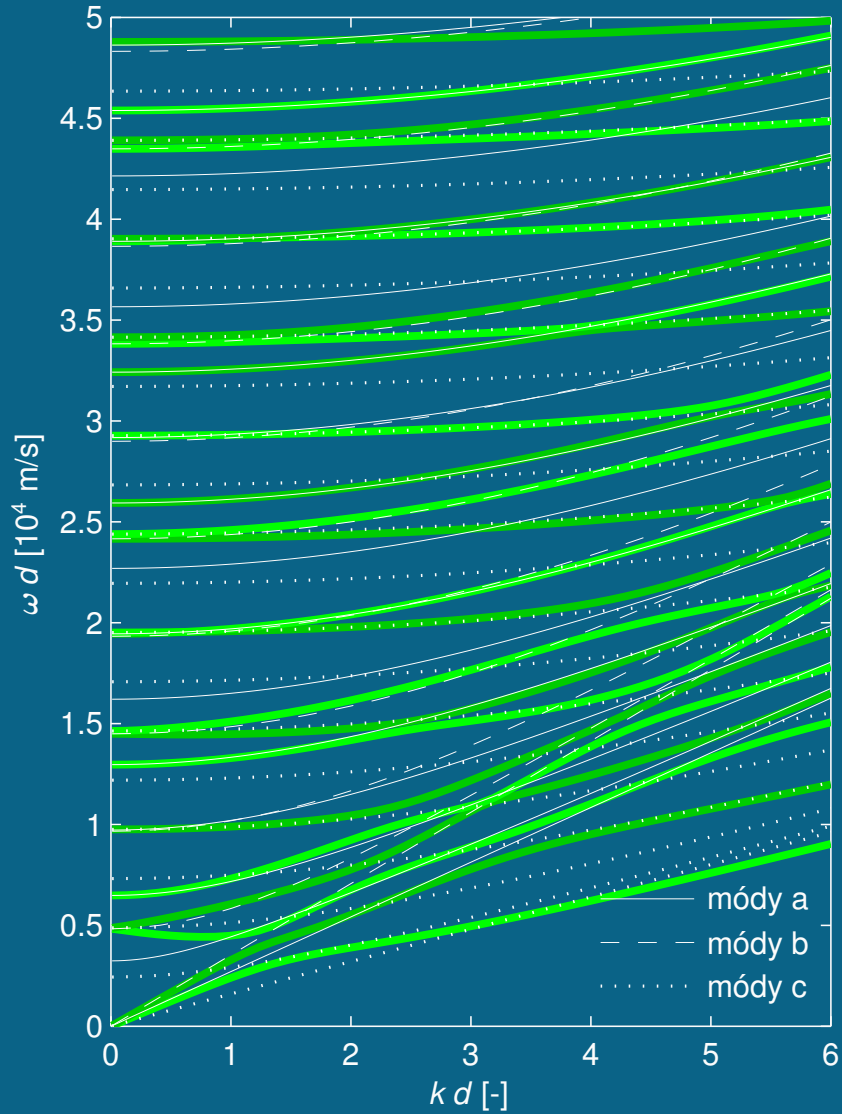


antisymetrické módy

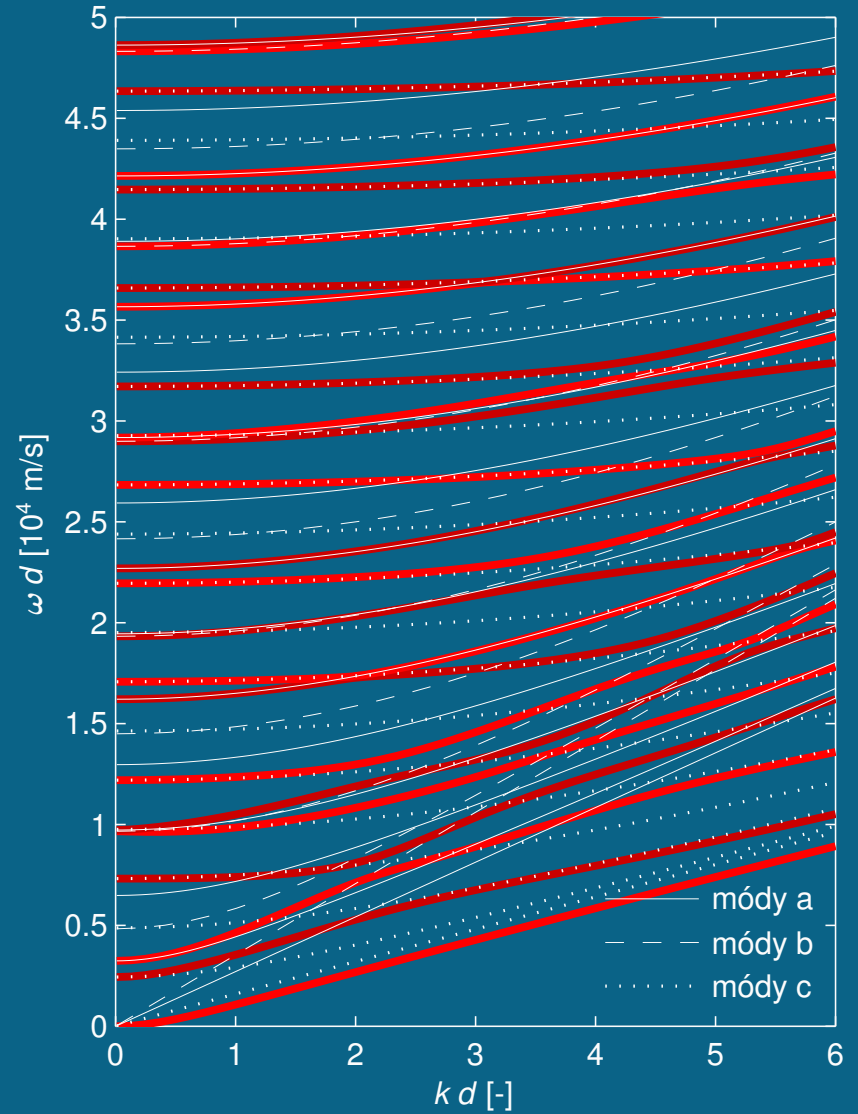


Směr šíření $\phi = 73^\circ$

symetrické módy

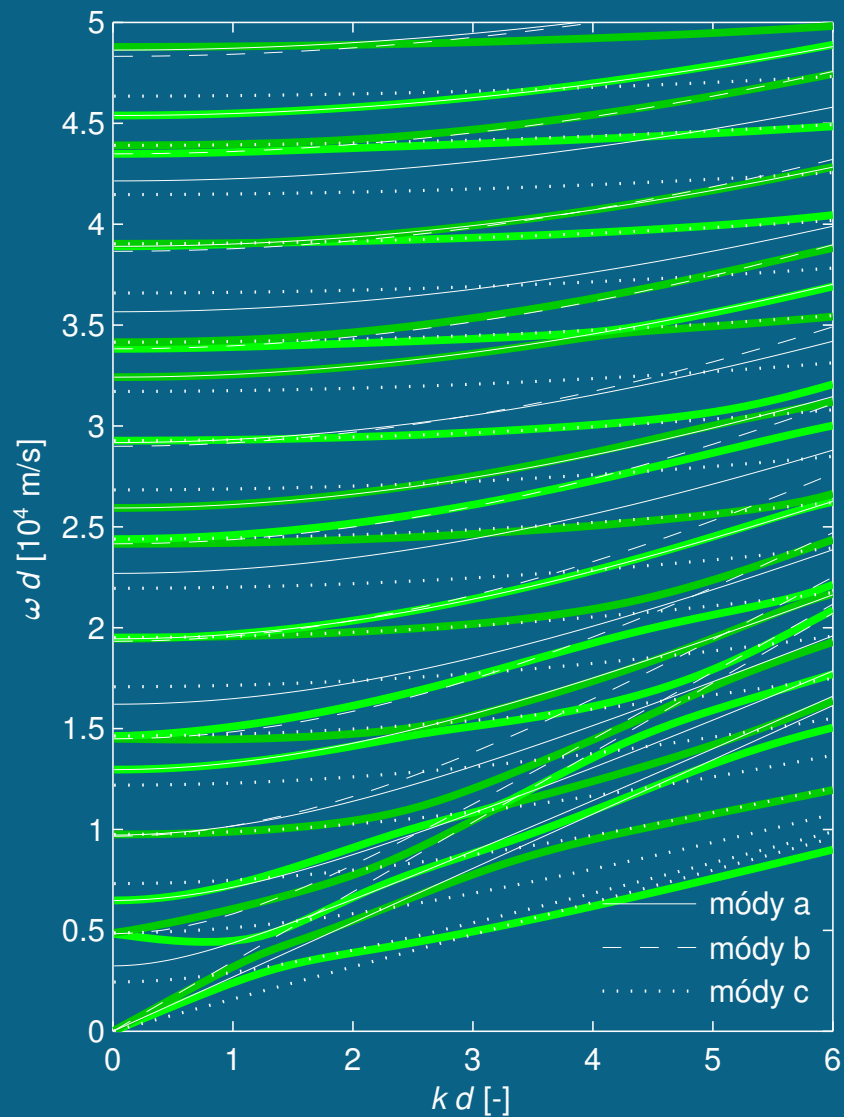


antisymetrické módy

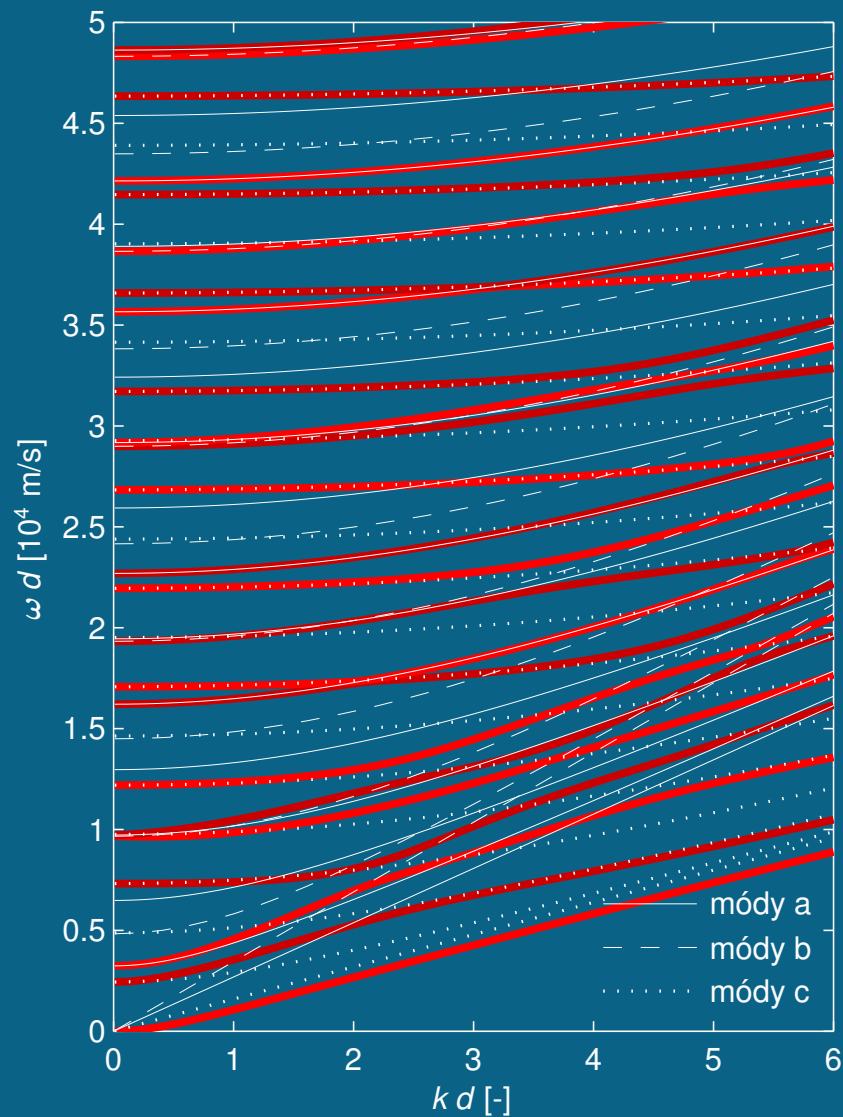


Směr šíření $\phi = 74^\circ$

symetrické módy

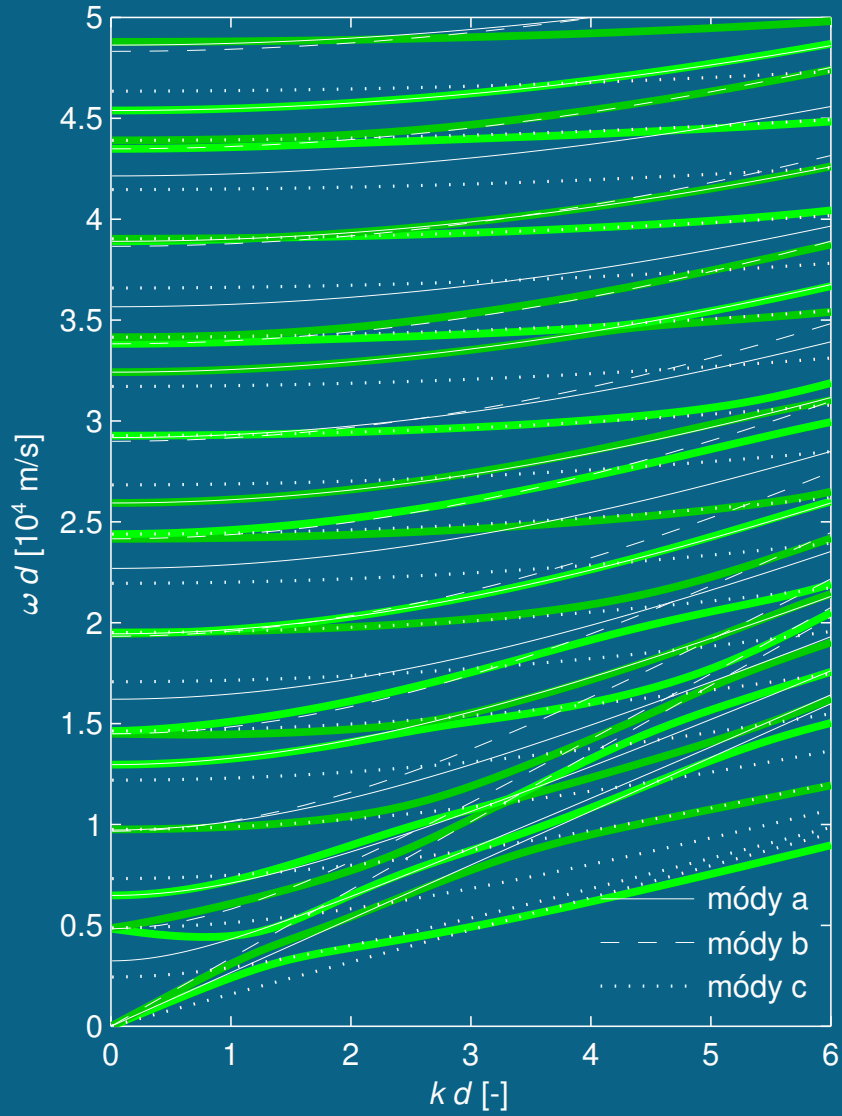


antisymetrické módy

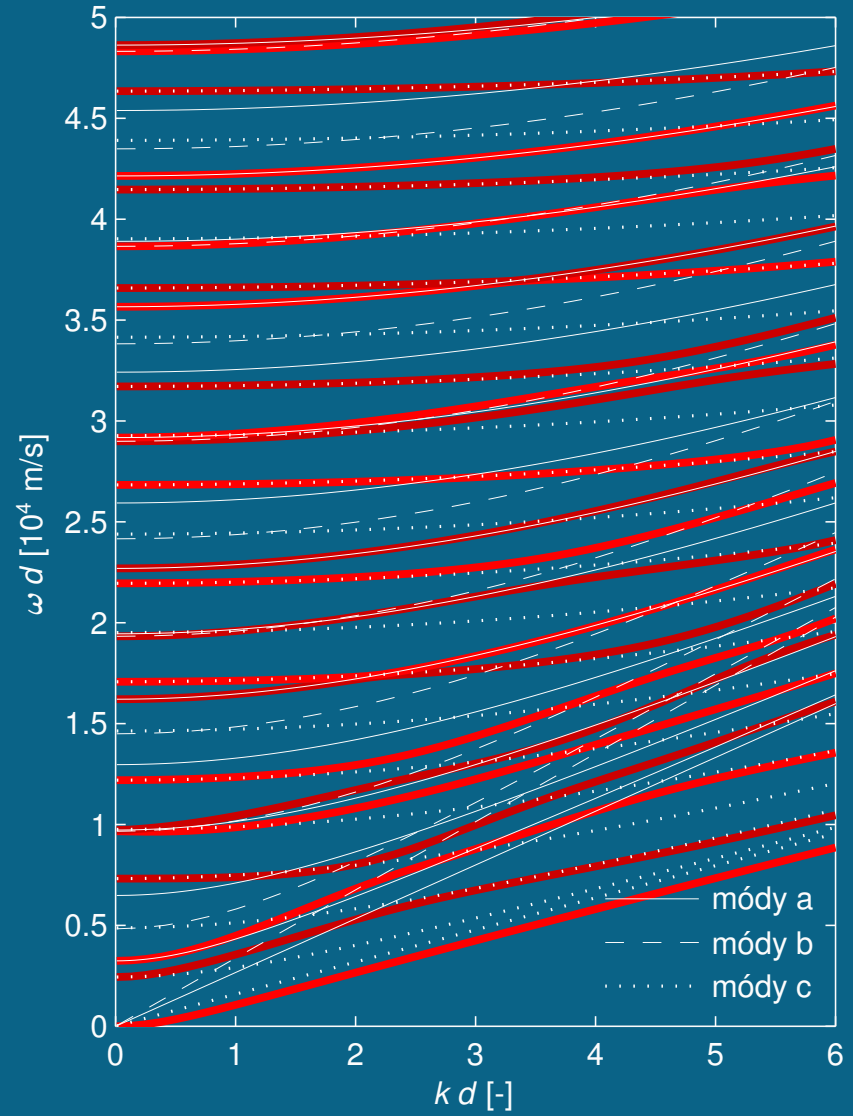


Směr šíření $\phi = 75^\circ$

symetrické módy

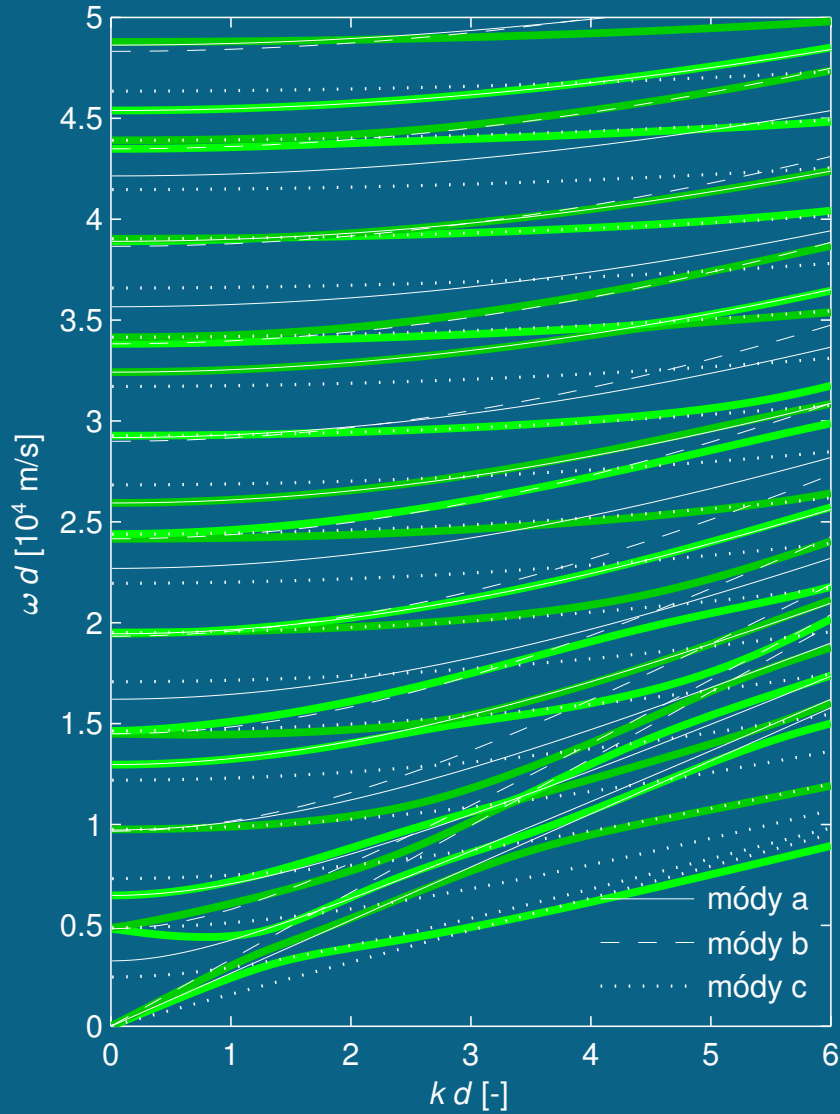


antisymetrické módy

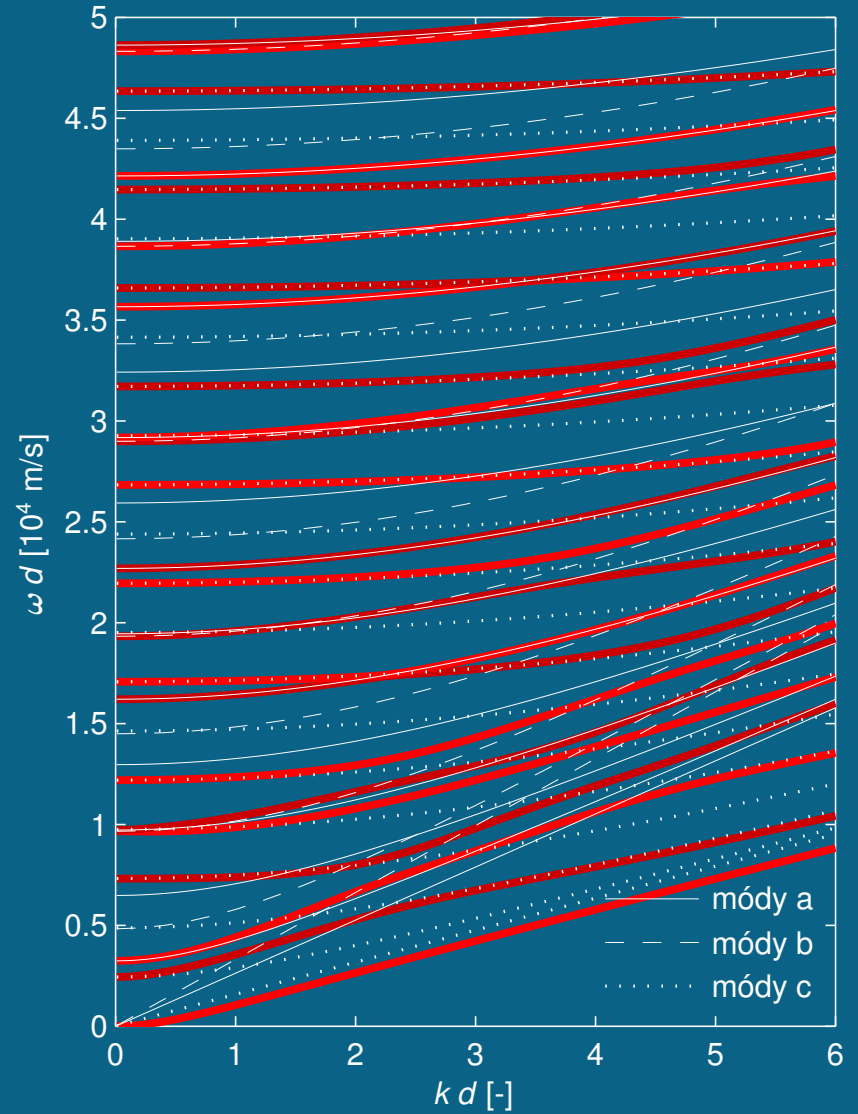


Směr šíření $\phi = 76^\circ$

symetrické módy

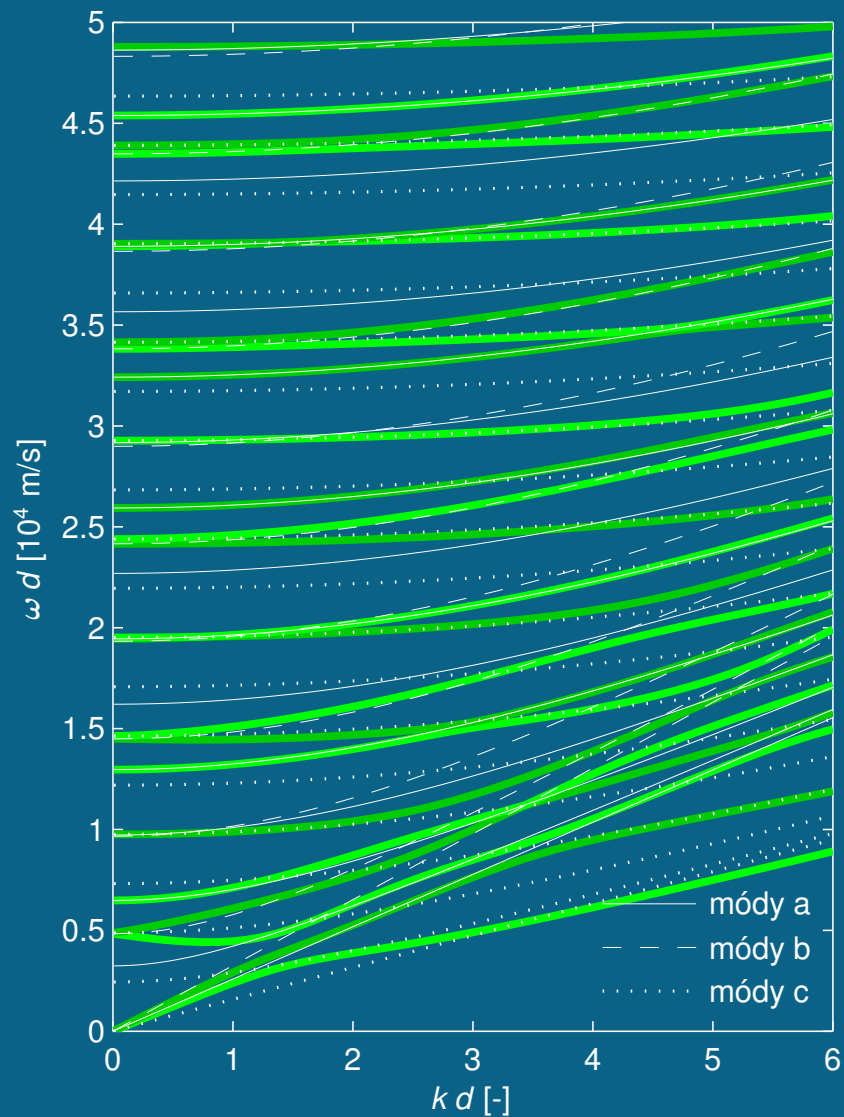


antisymetrické módy

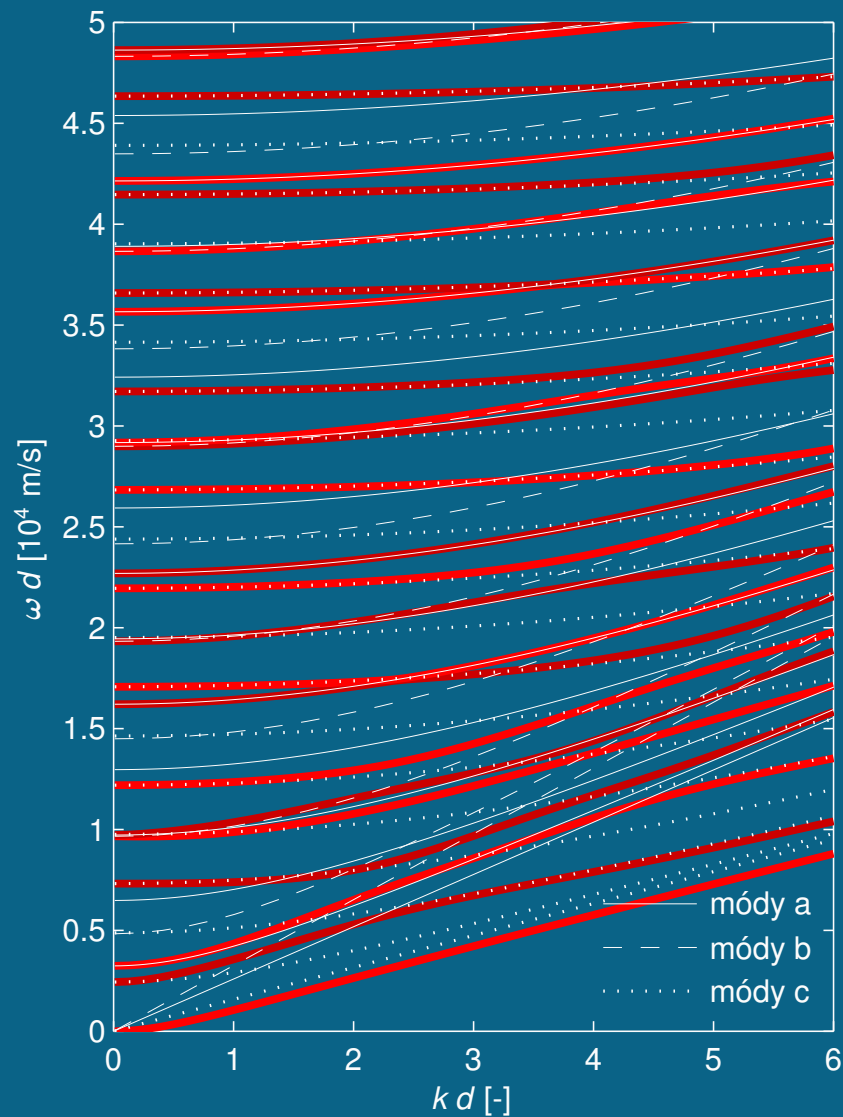


Směr šíření $\phi = 77^\circ$

symetrické módy

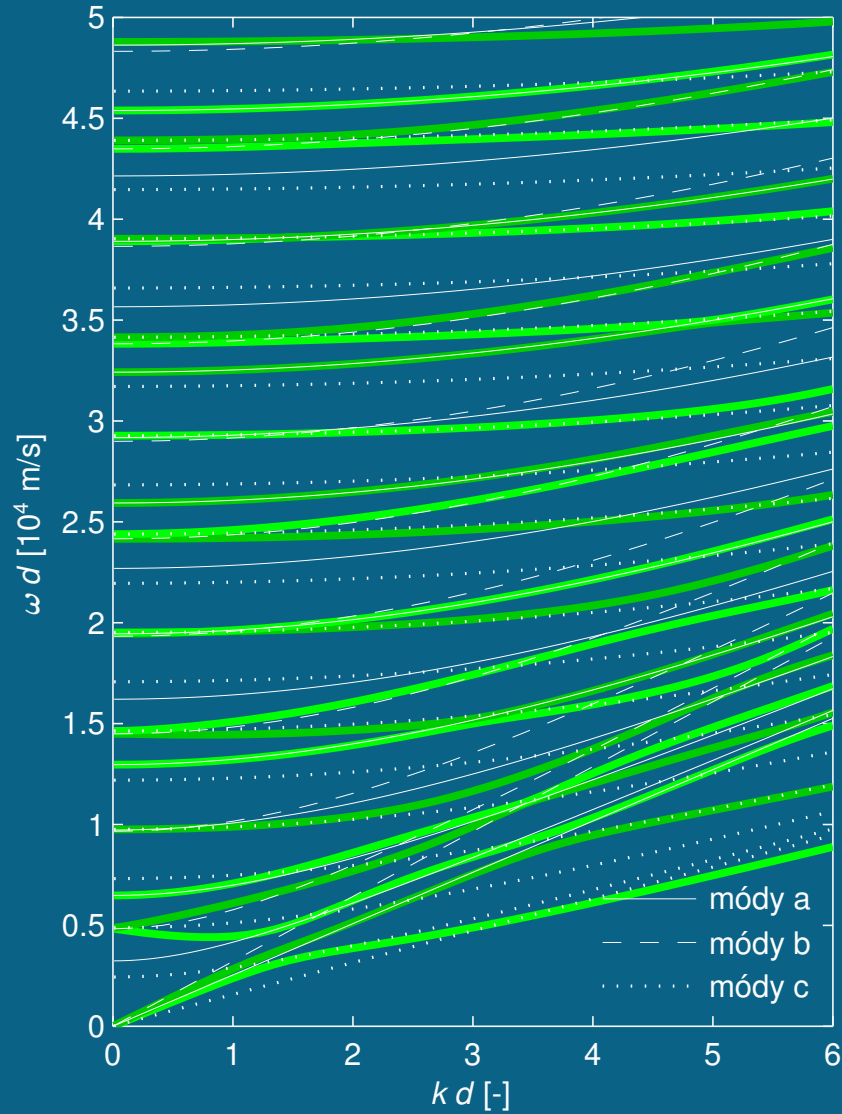


antisymetrické módy

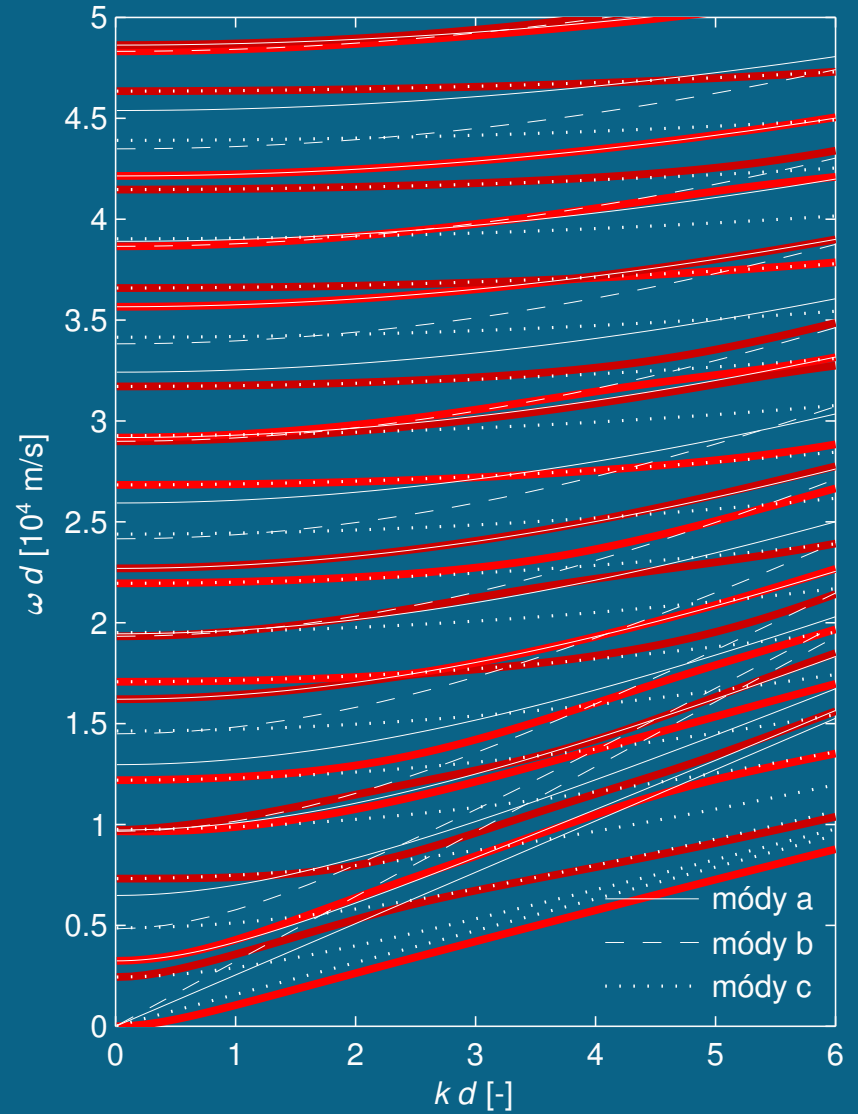


Směr šíření $\phi = 78^\circ$

symetrické módy

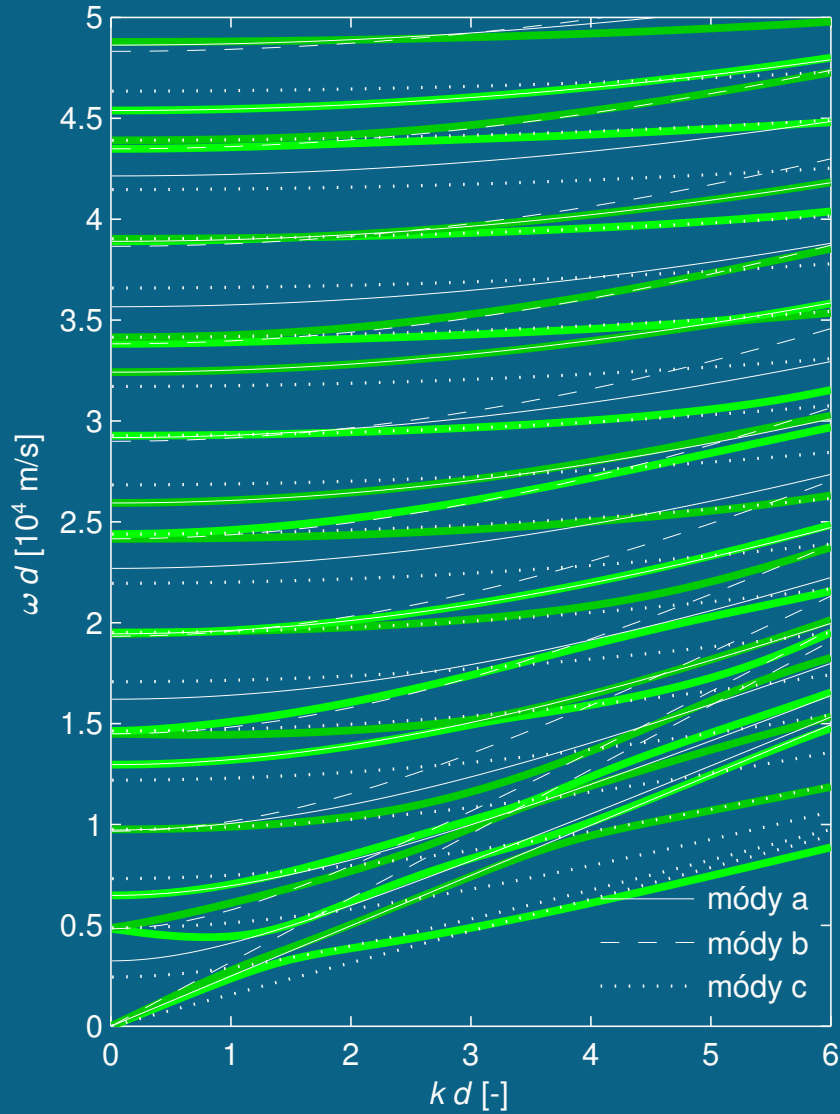


antisymetrické módy

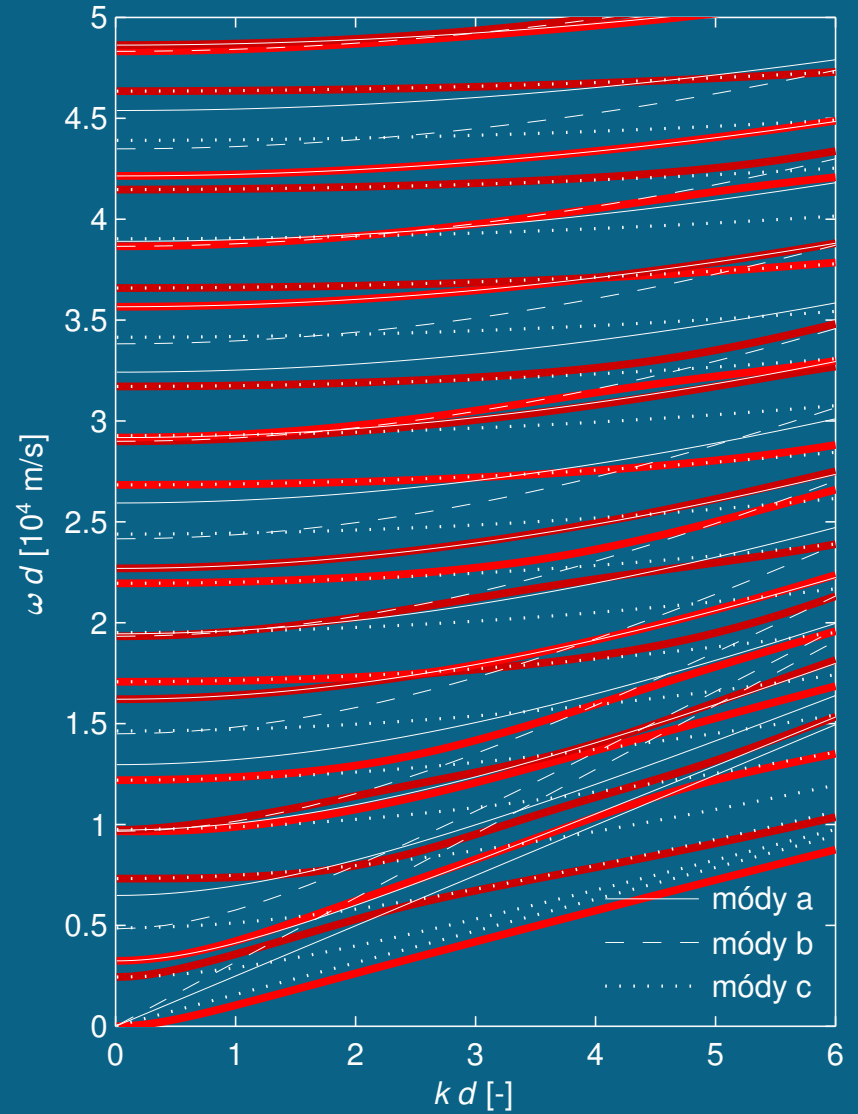


Směr šíření $\phi = 79^\circ$

symetrické módy

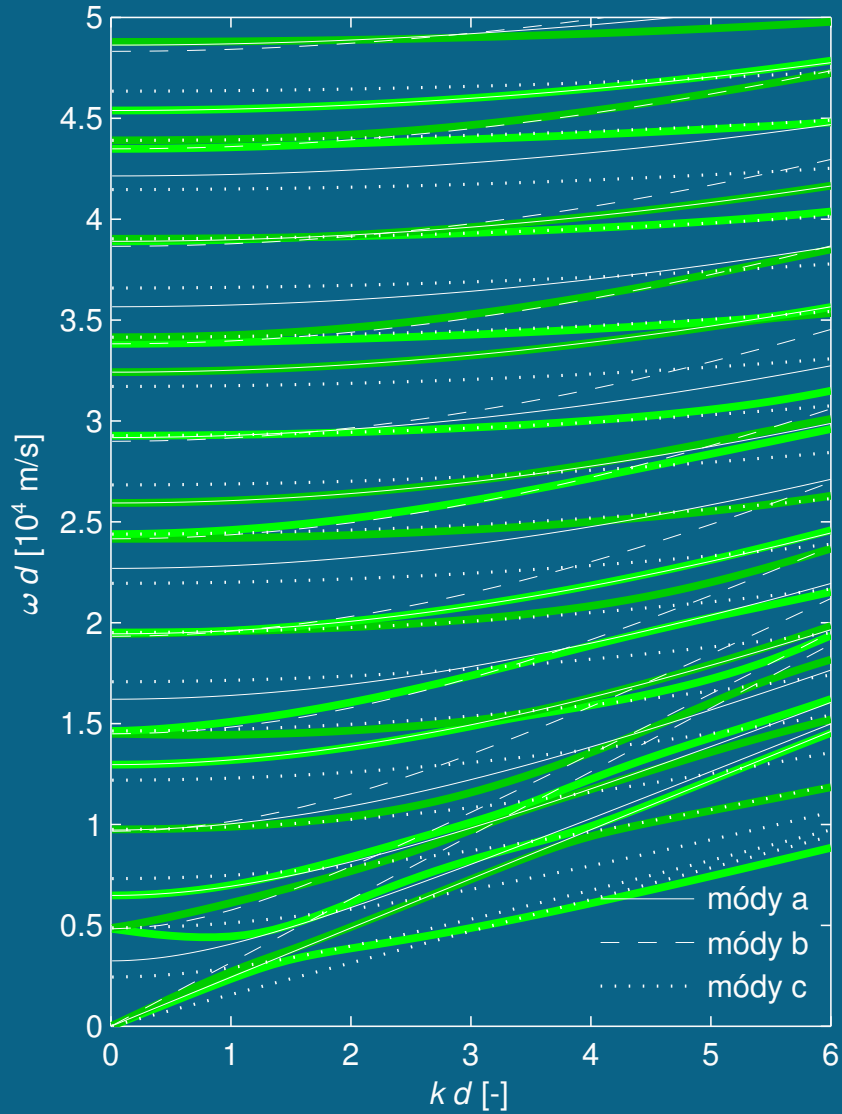


antisymetrické módy

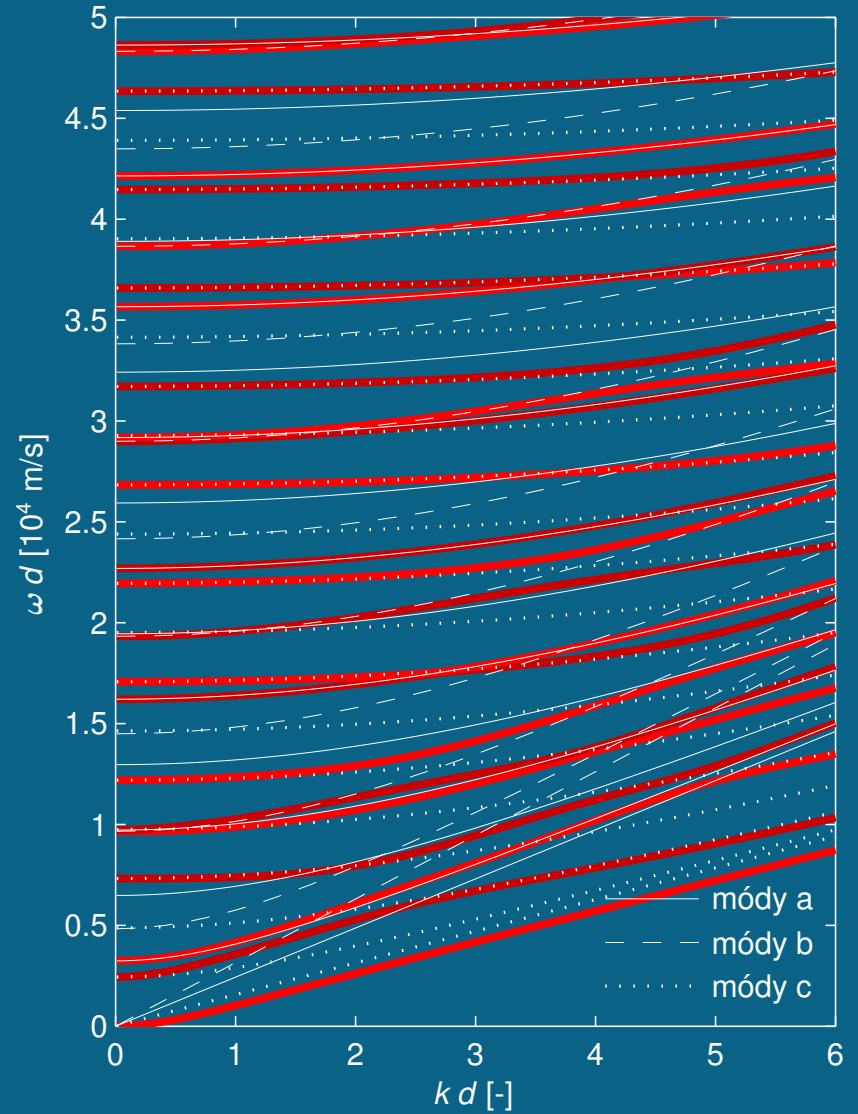


Směr šíření $\phi = 80^\circ$

symetrické módy

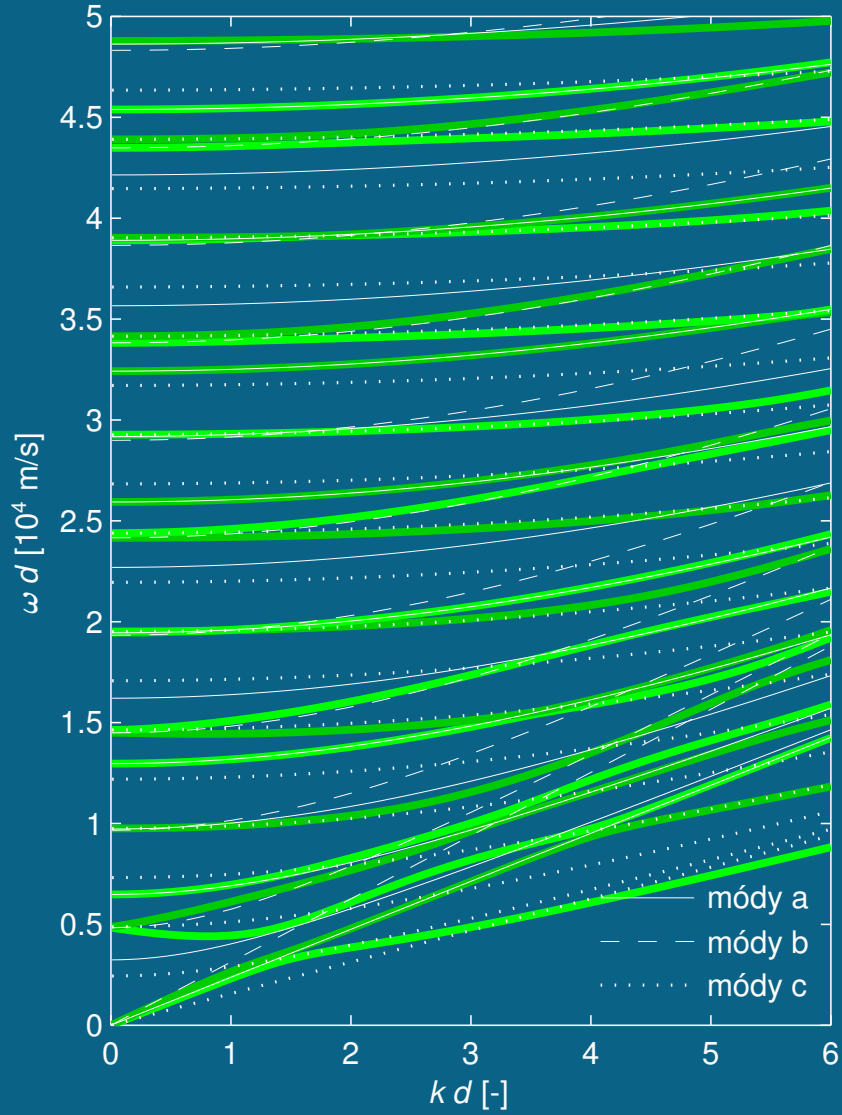


antisymetrické módy

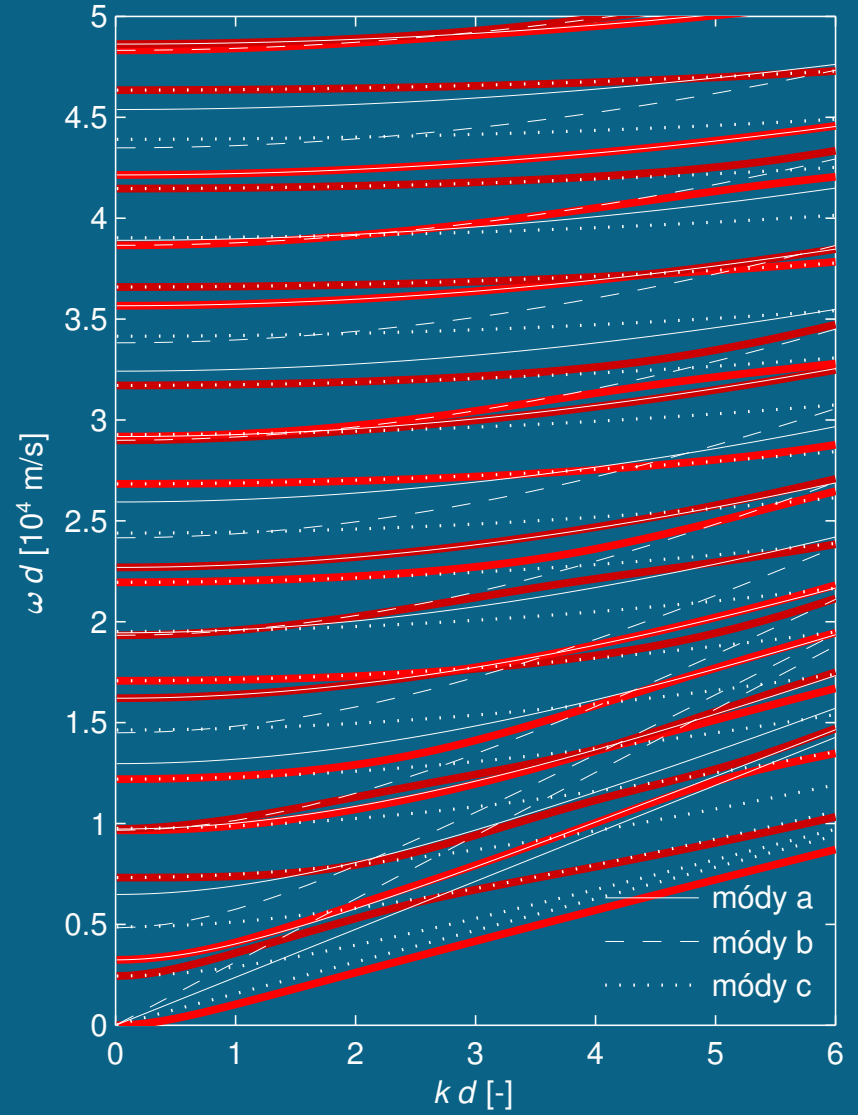


Směr šíření $\phi = 81^\circ$

symetrické módy

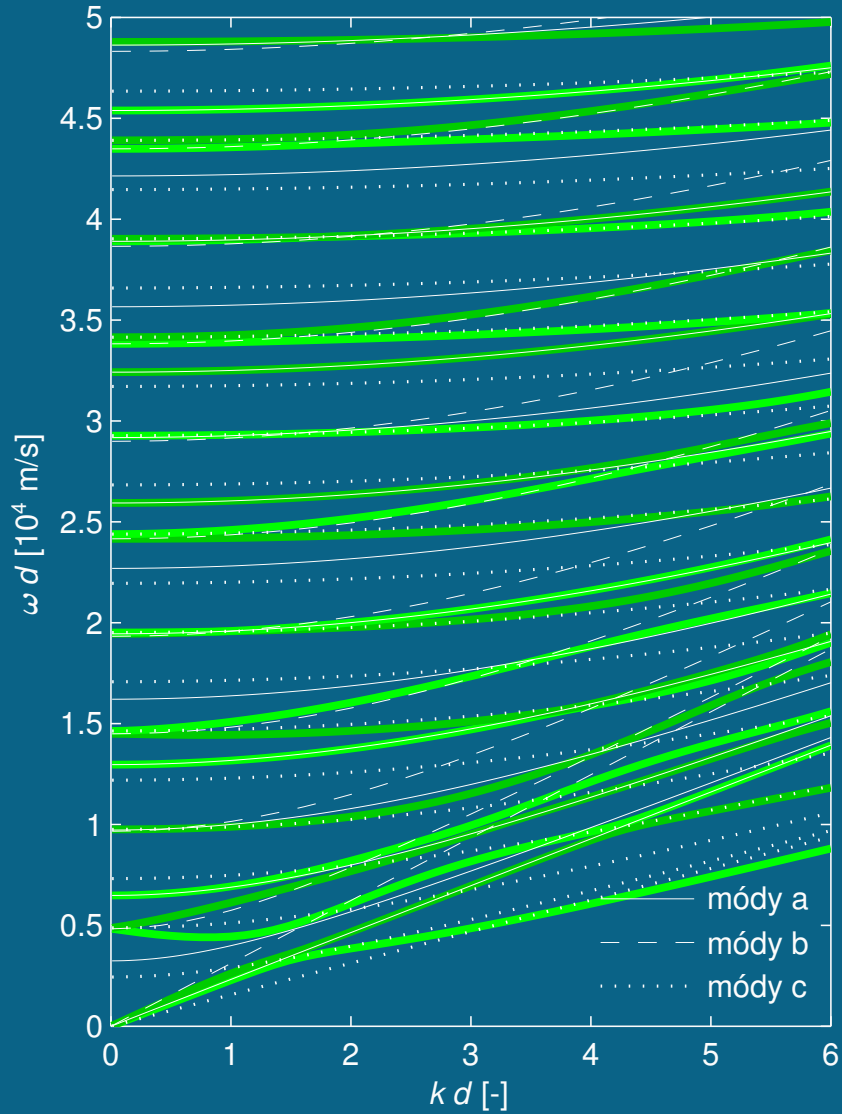


antisymetrické módy

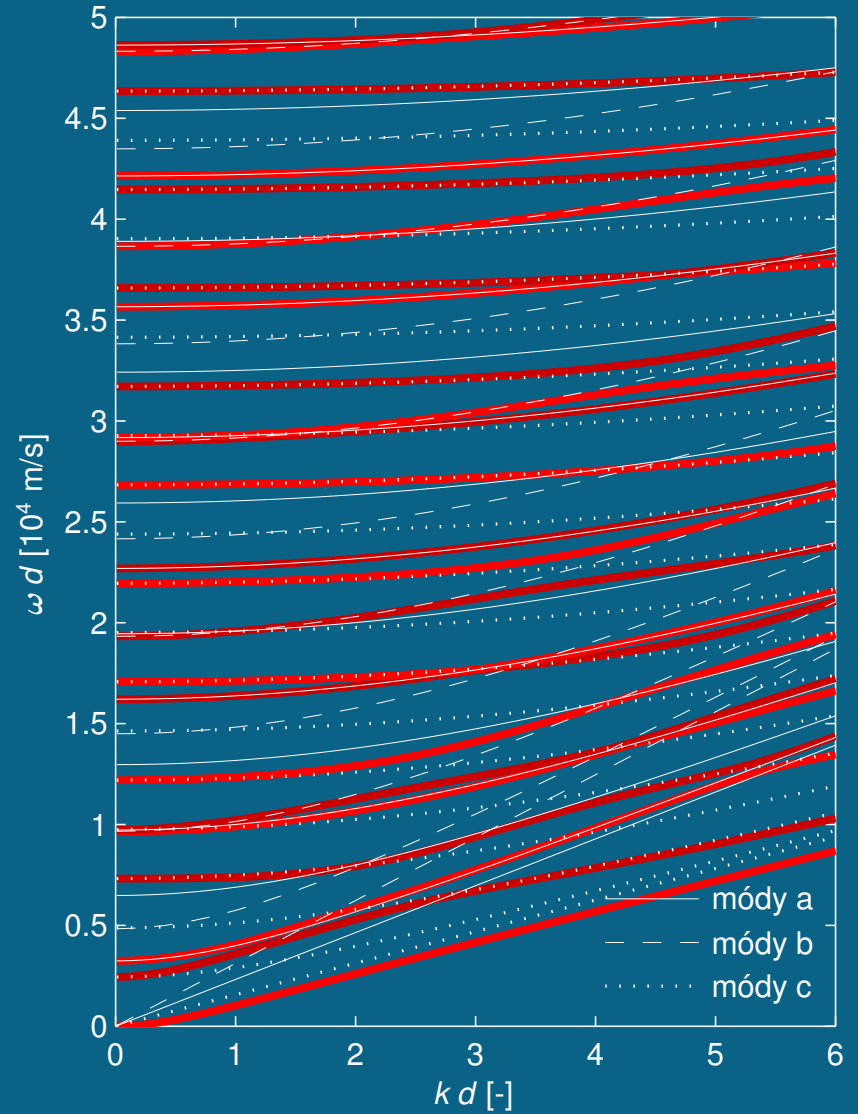


Směr šíření $\phi = 82^\circ$

symetrické módy

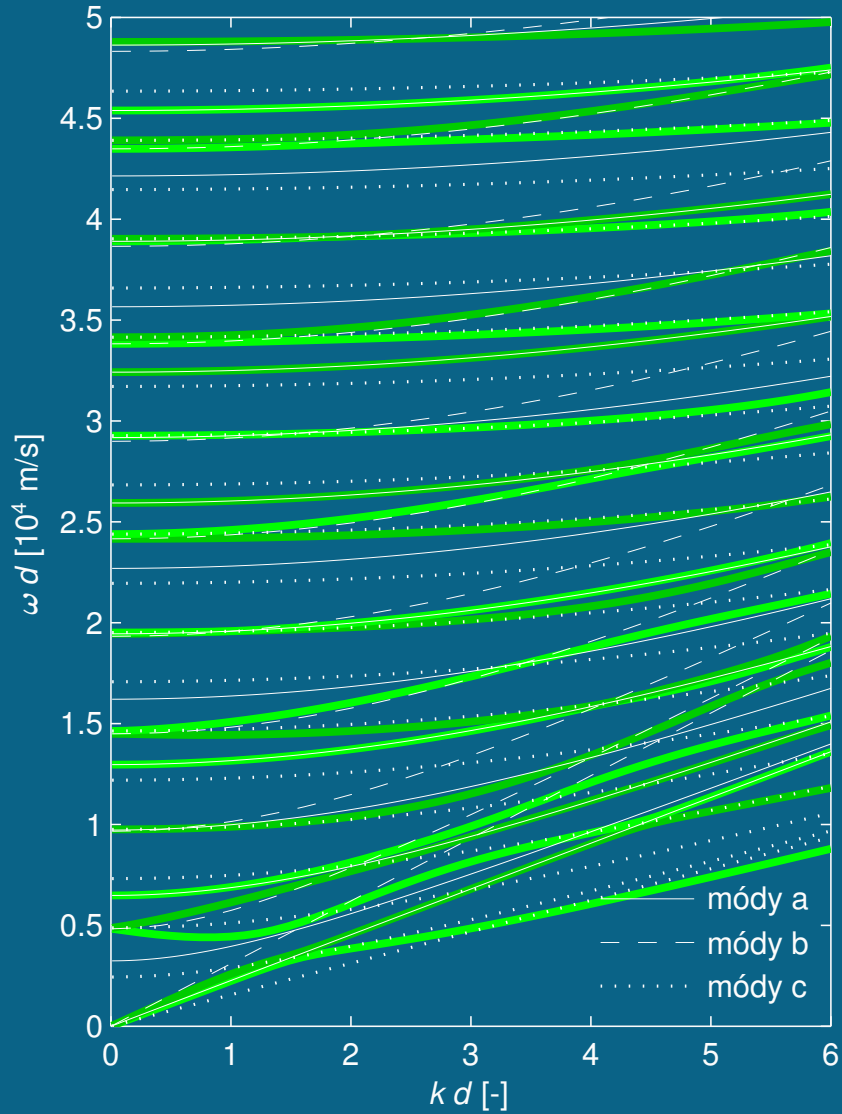


antisymetrické módy

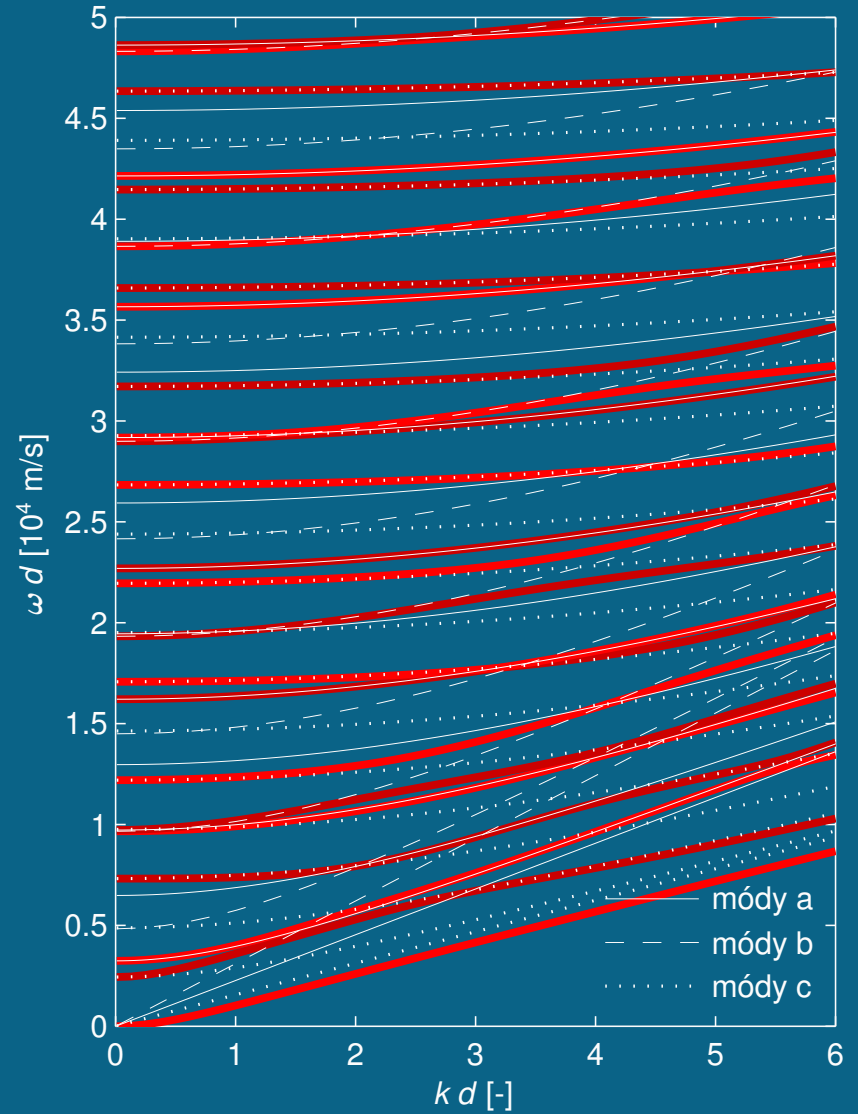


Směr šíření $\phi = 83^\circ$

symetrické módy

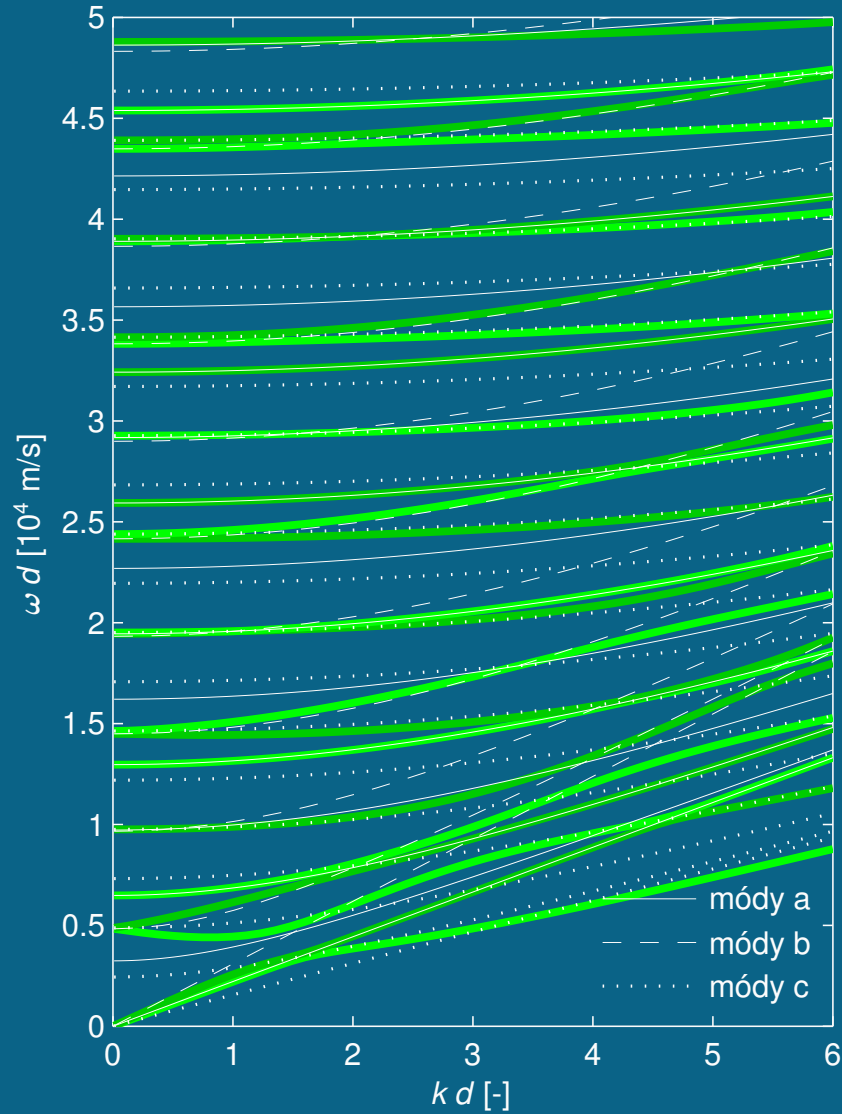


antisymetrické módy

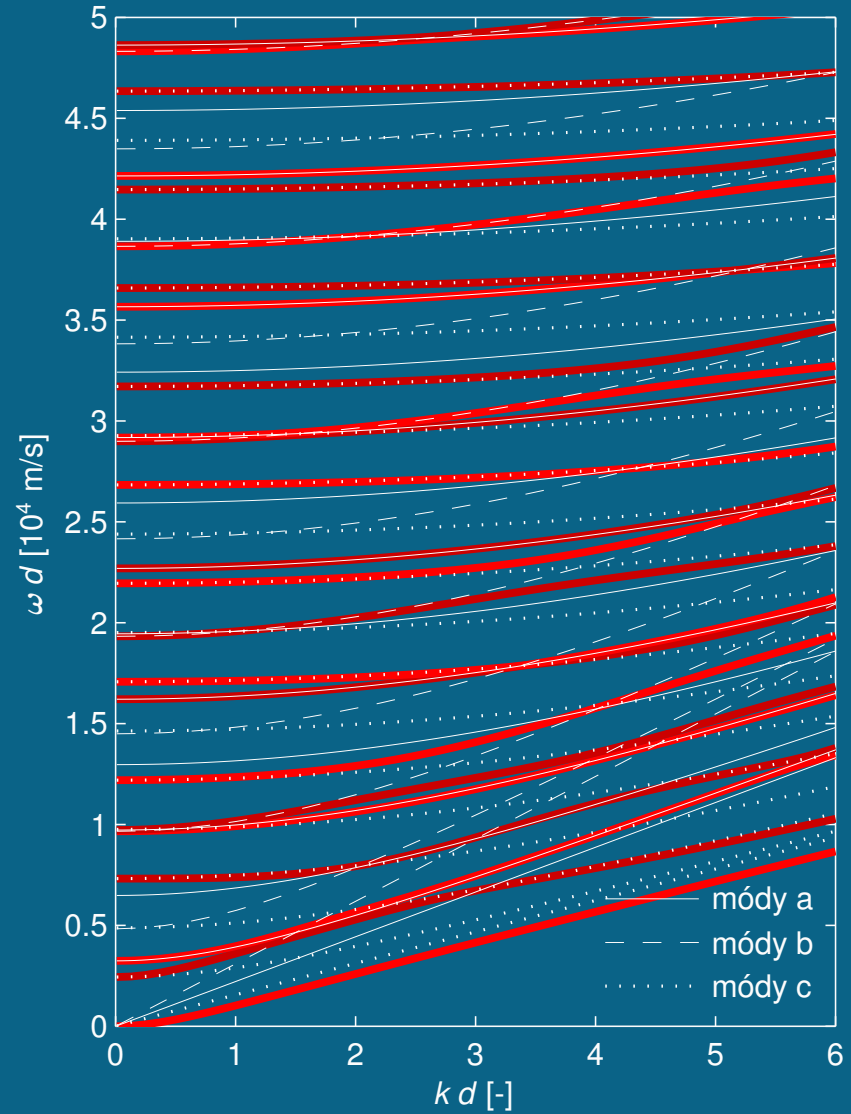


Směr šíření $\phi = 84^\circ$

symetrické módy

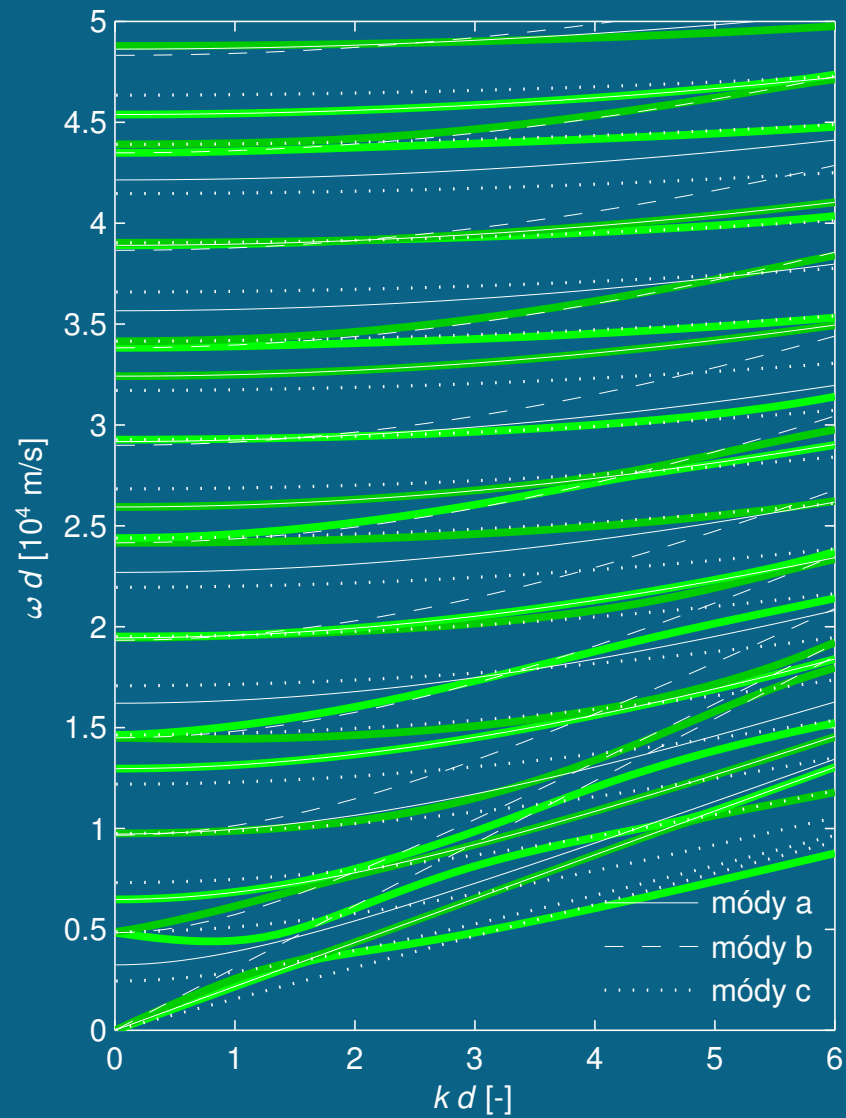


antisymetrické módy

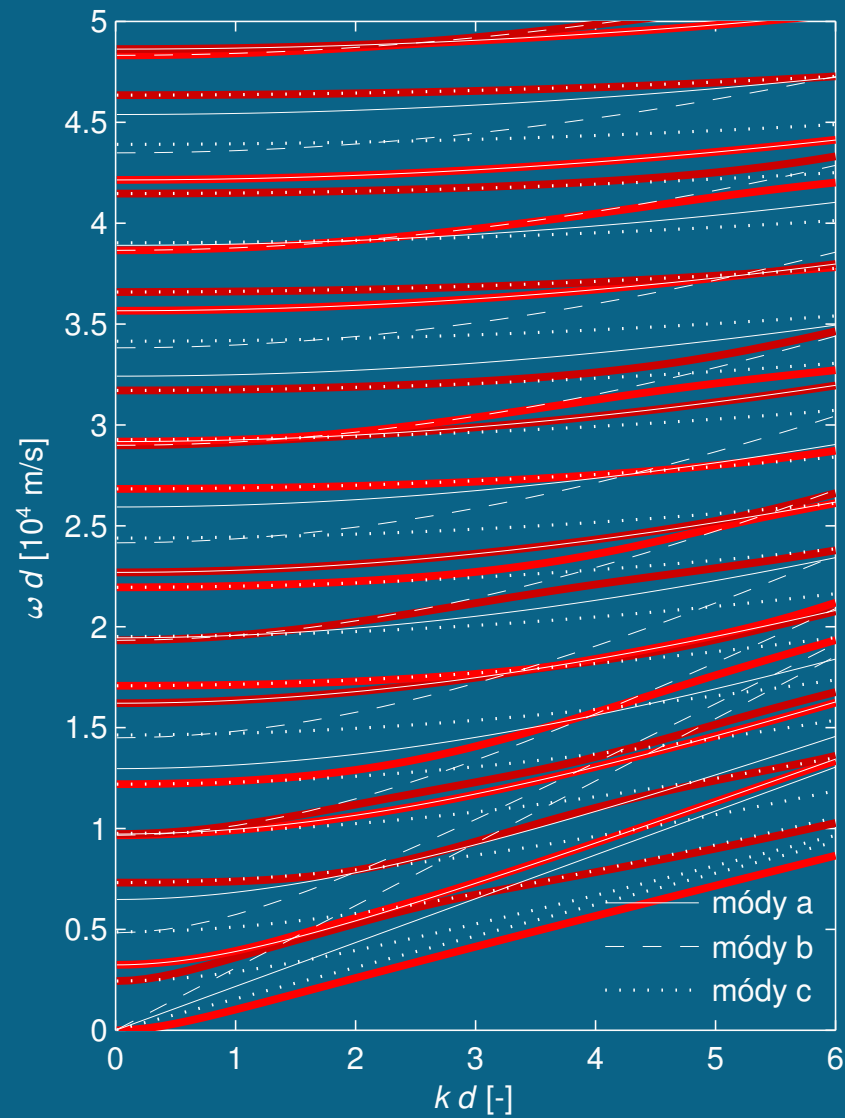


Směr šíření $\phi = 85^\circ$

symetrické módy

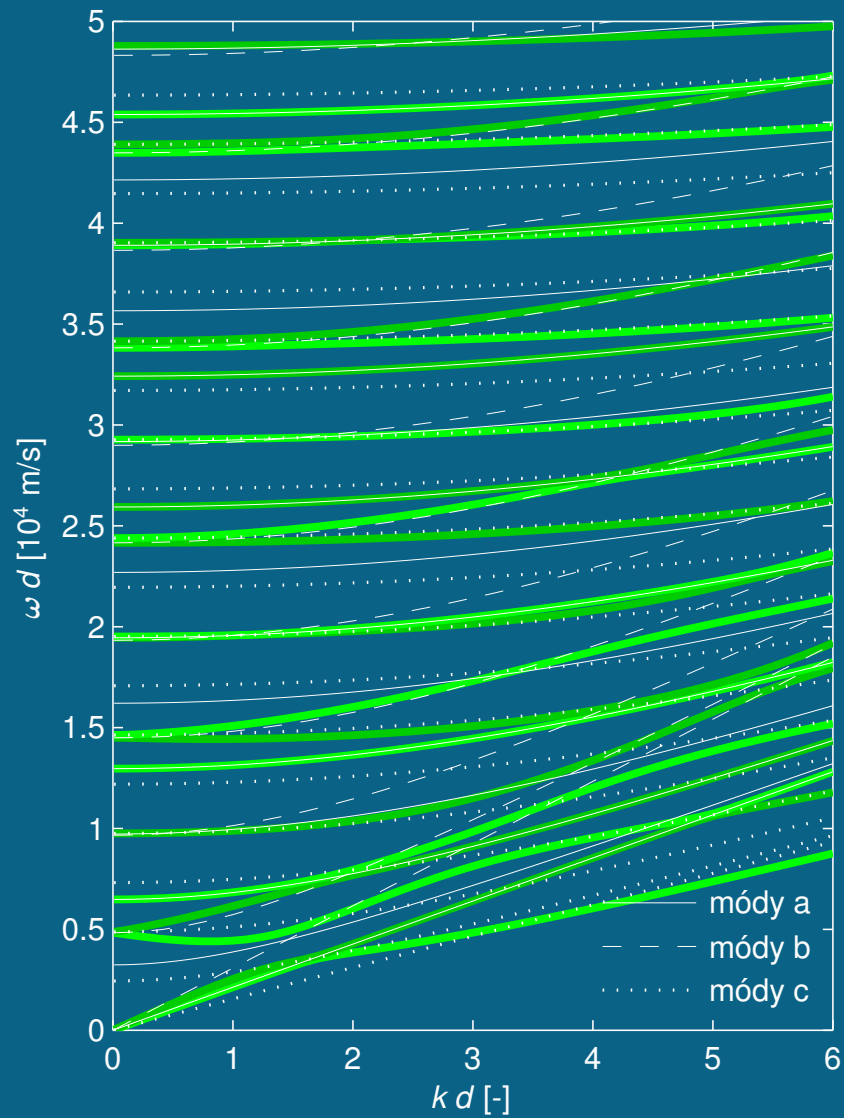


antisymetrické módy

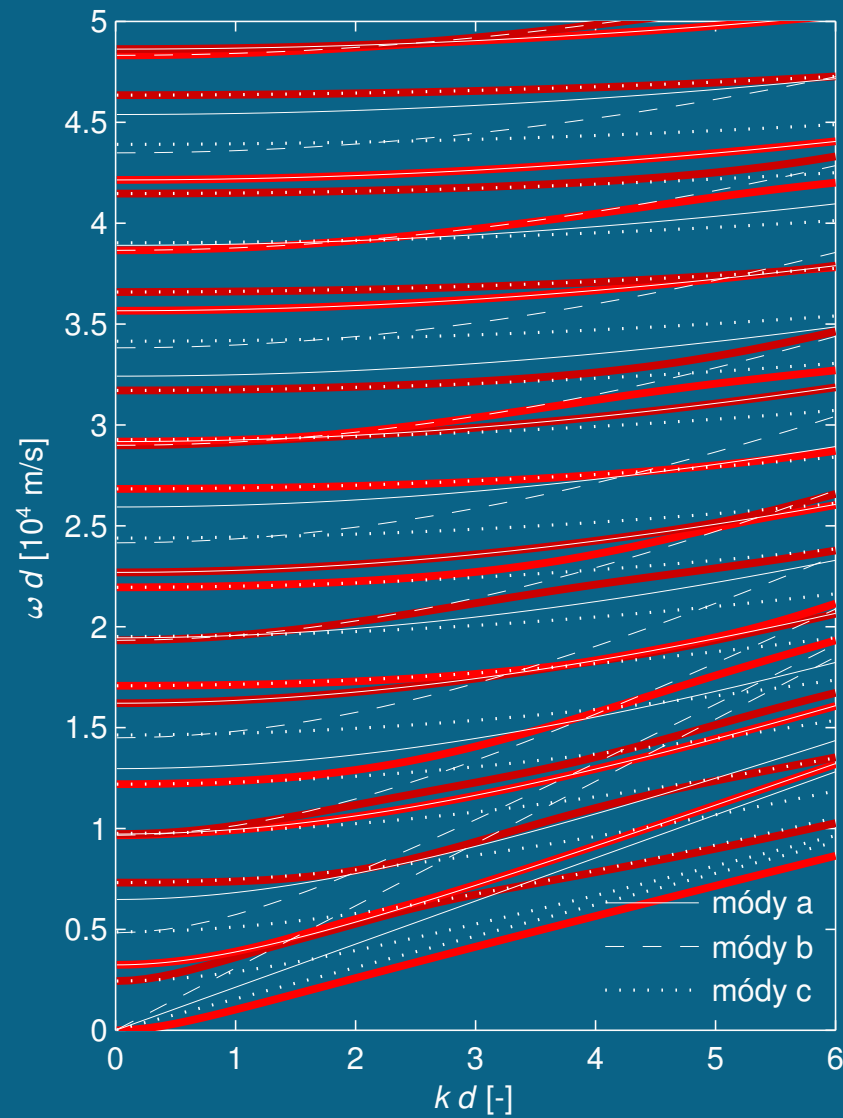


Směr šíření $\phi = 86^\circ$

symetrické módy

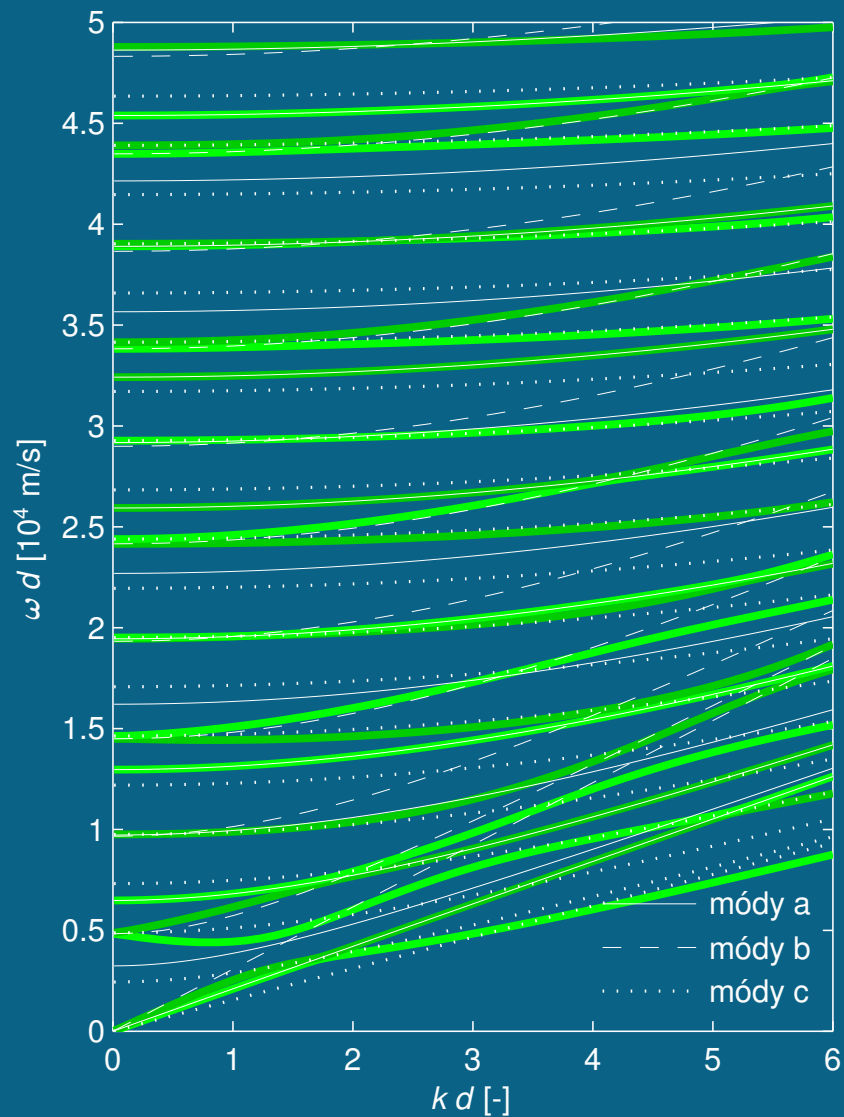


antisymetrické módy

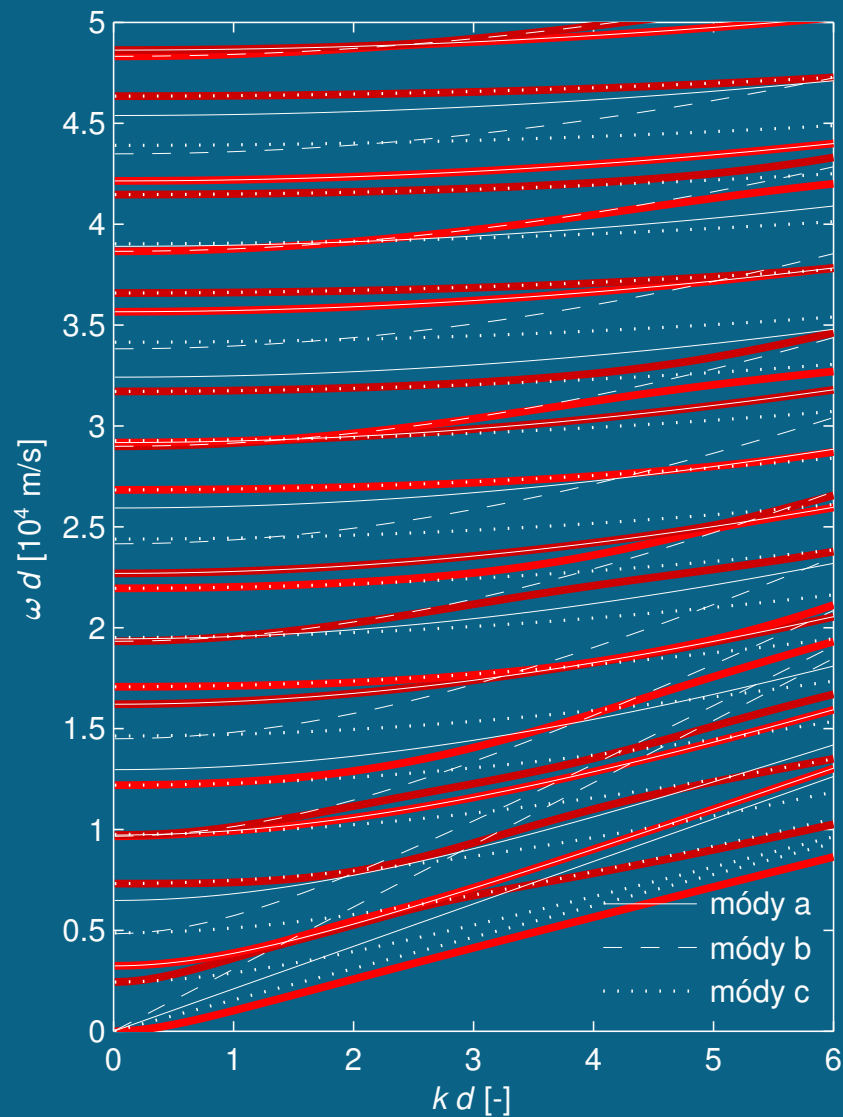


Směr šíření $\phi = 87^\circ$

symetrické módy

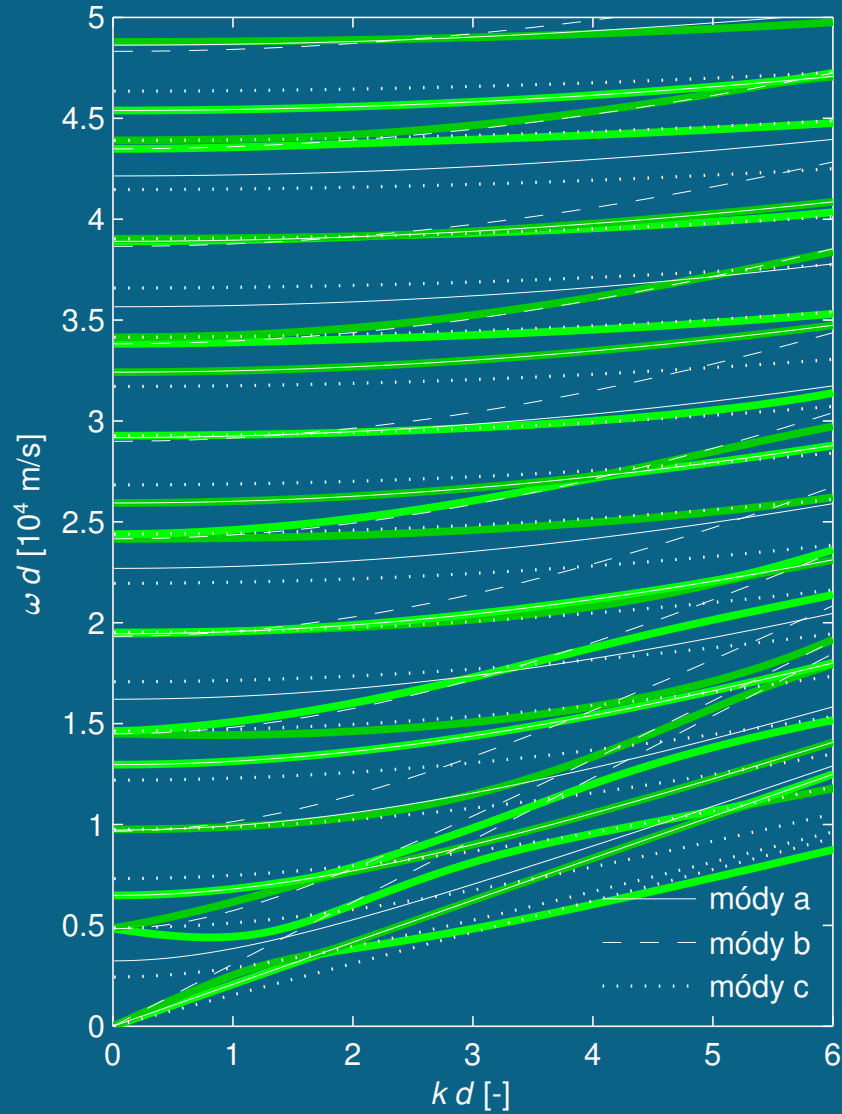


antisymetrické módy

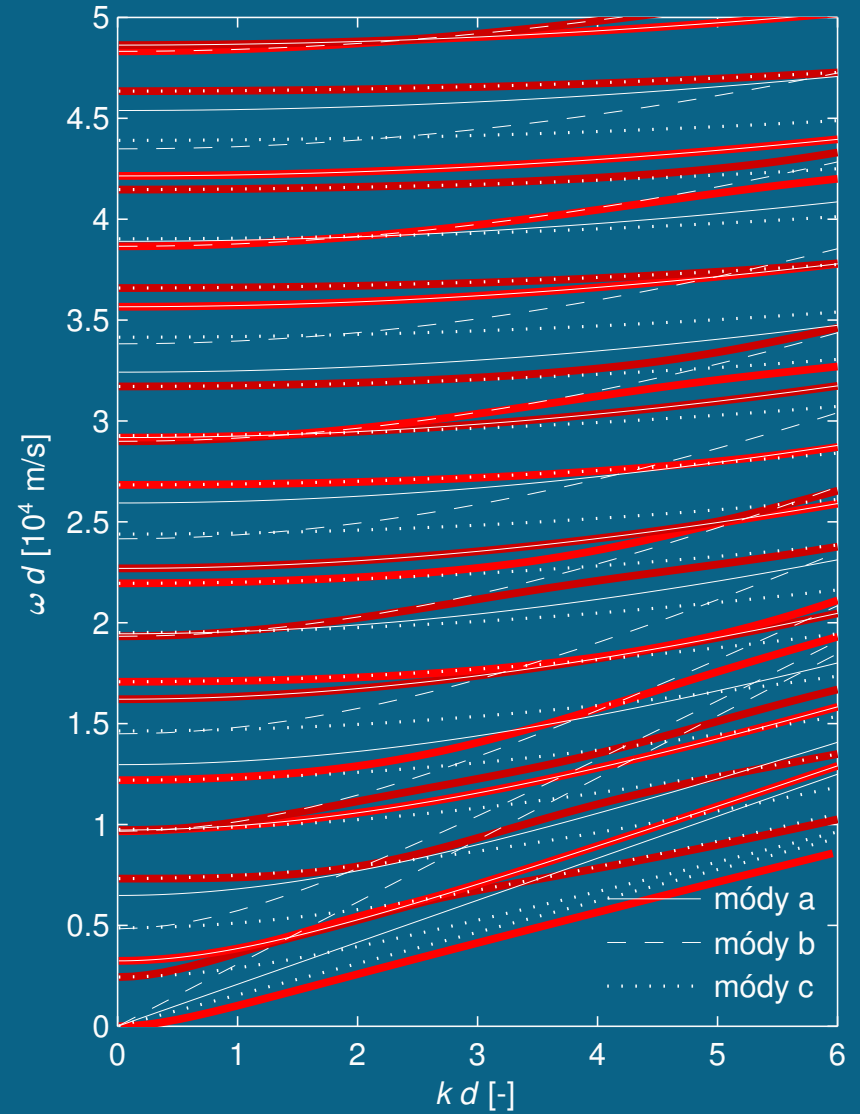


Směr šíření $\phi = 88^\circ$

symetrické módy

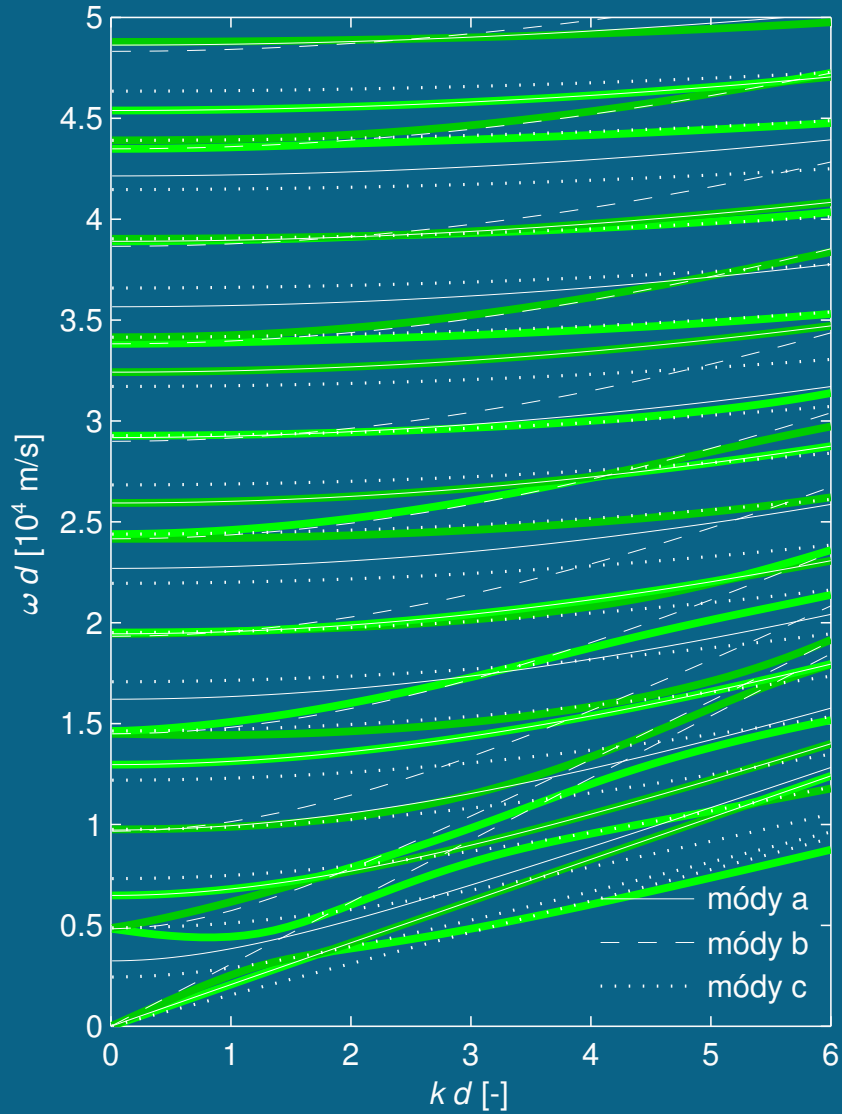


antisymetrické módy

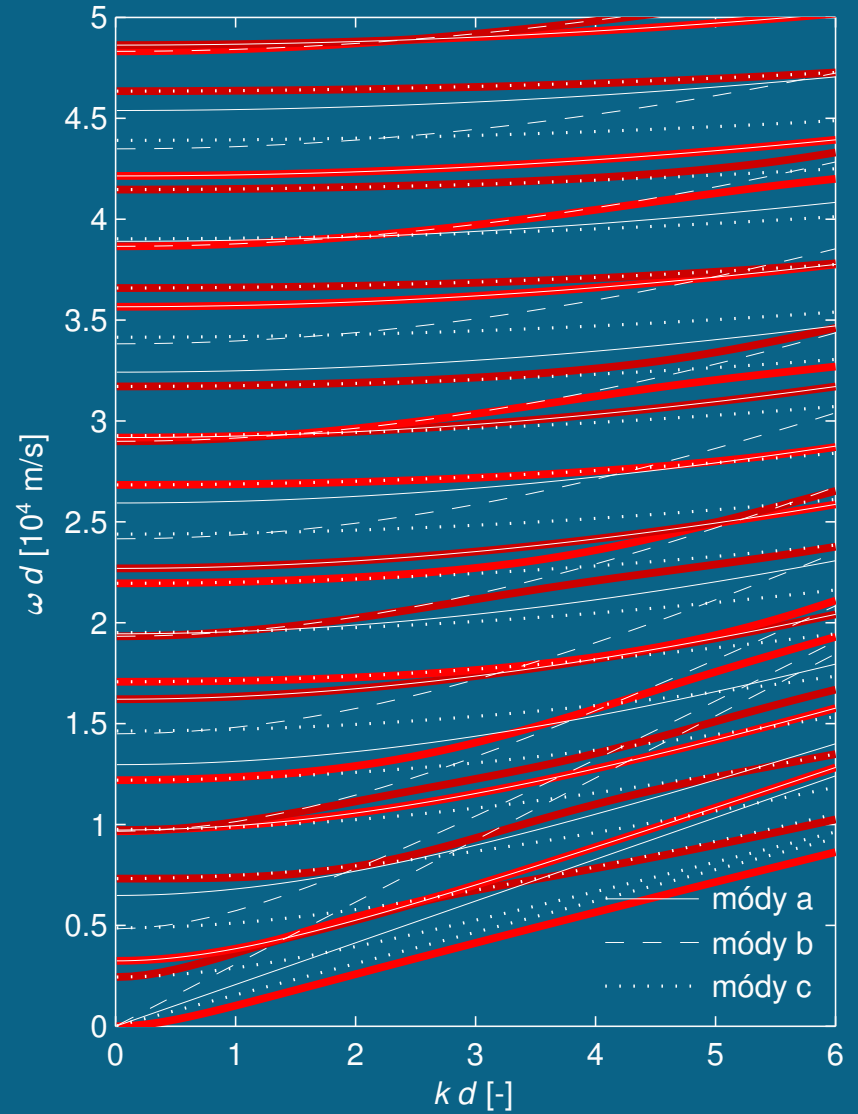


Směr šíření $\phi = 89^\circ$

symetrické módy

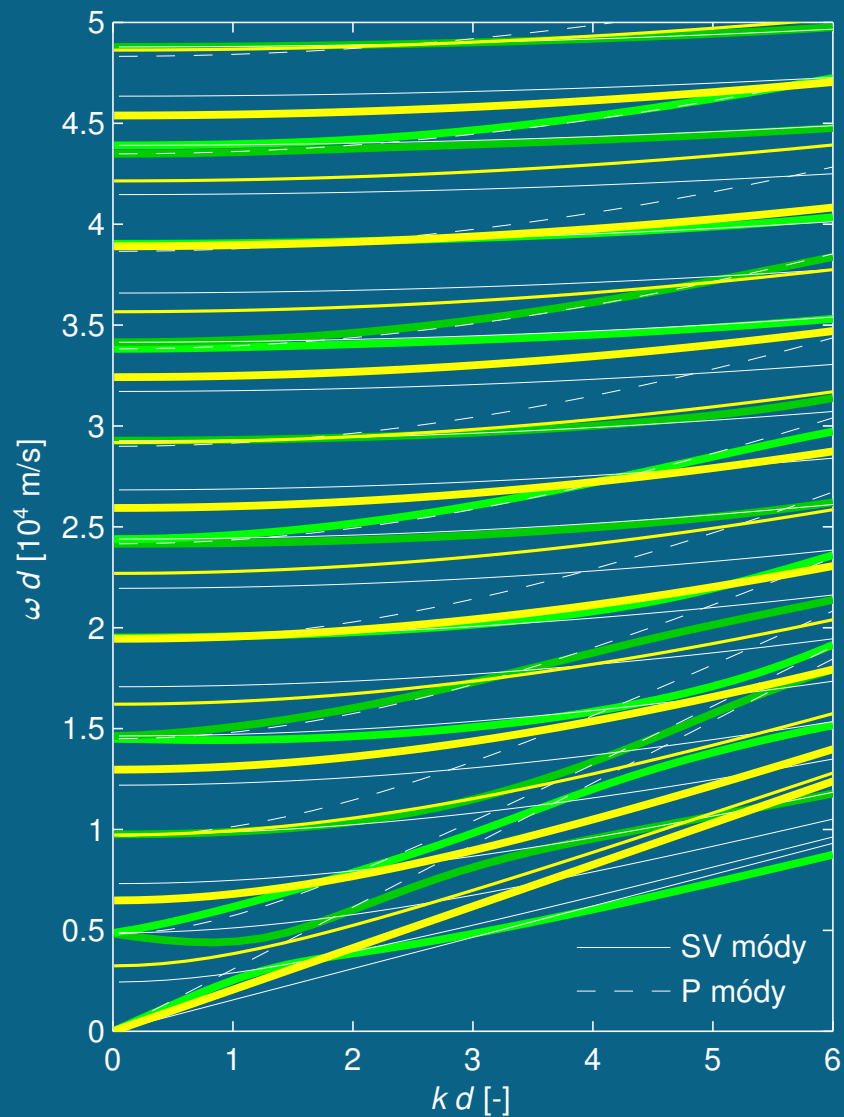


antisymetrické módy

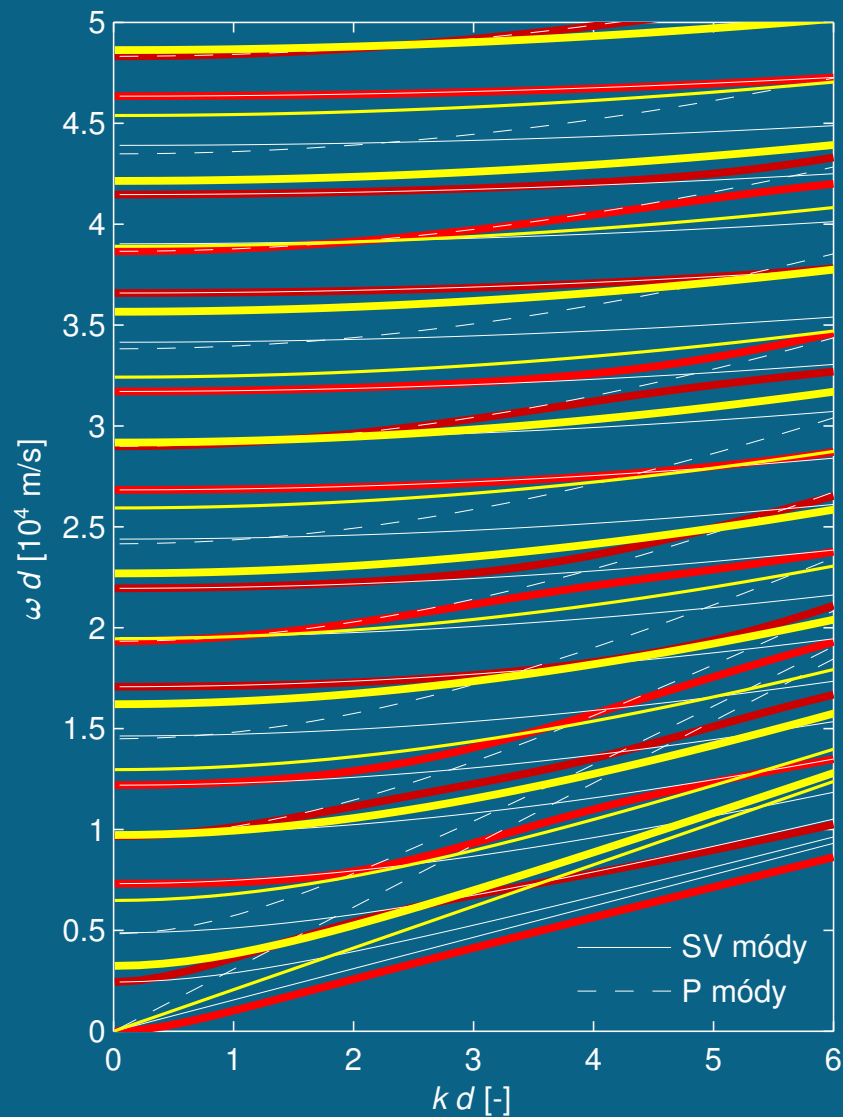


Směr šíření $\phi = 90^\circ$

symetrické módy, SH módy



antisymetrické módy, SH módy



Závěr

- Obecný princip získání disperzních vztahů pro nekonečnou tlustou anizotropní desku s volnými okrajovými podmínkami pomocí metody parciálních vln.
- Odvození **analytických** vztahů disperzních závislostí pro ortotropní desku s orientací (001).
- Při odvození analytických disperzních vztahů byl použit systém pro symbolické výpočty Maple.
- Vyčíslení disperzních závislostí pro uhlíkový kompozitní materiál s výše uvedenou orientací pomocí Matlabu.
- Získané disperzní křivky byly porovnány s výsledky **zobecněné** Mindlinovy teorie oddělených módů.

Možnosti použití:

- inverzní algoritmus pro stanovení elastických konstant,
- výpočet jednotlivých složek posuvů a napětí,
- aproximace a kontrola výpočtů disperzních závislostí pomocí zobecněných Mindlinových oddělených módů.

OBSAH

Stanovení elastických koeficientů

Výpočet disperzních křivek

Metoda parciálních vln

Mindlinova metoda oddělených módů

Ortotropní deska

Mindlinovy křivky

Pomalostní křivky pro ortotropní desku

Mindlinovy a disperzní křivky pro ortotropní desku

$\phi = 0^\circ$ $\phi = 30^\circ$ $\phi = 45^\circ$ $\phi = 60^\circ$ $\phi = 90^\circ$

Závěr