

Спектральная ширина фазового синхронизма

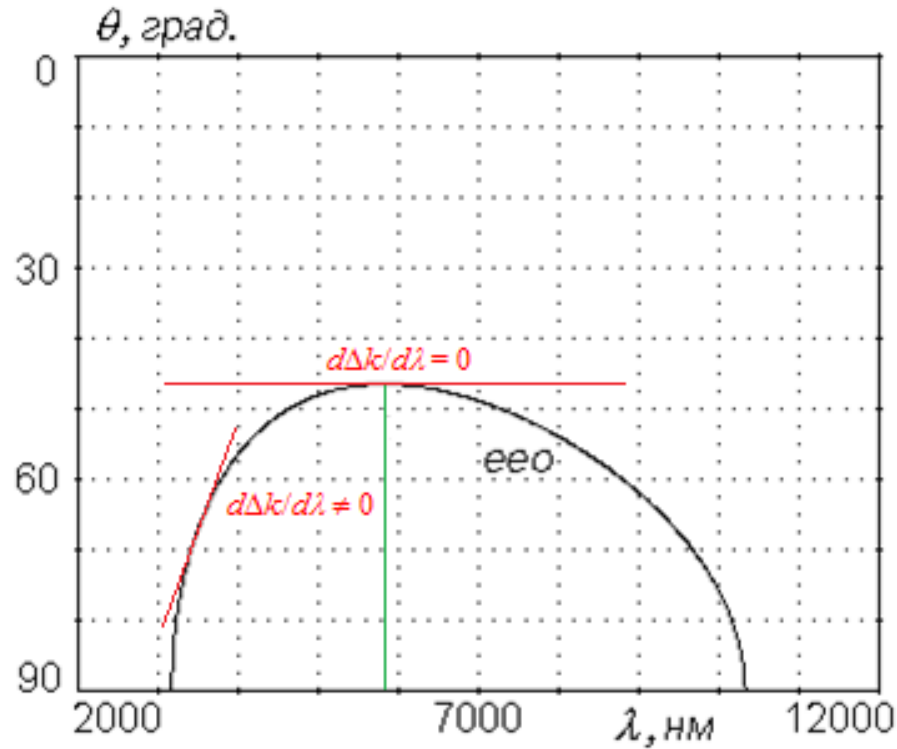
Любопытный – тот, кто хочет узнать и потом удивляться.

Любознательный - тот, кто хочет узнать и перестать удивляться.

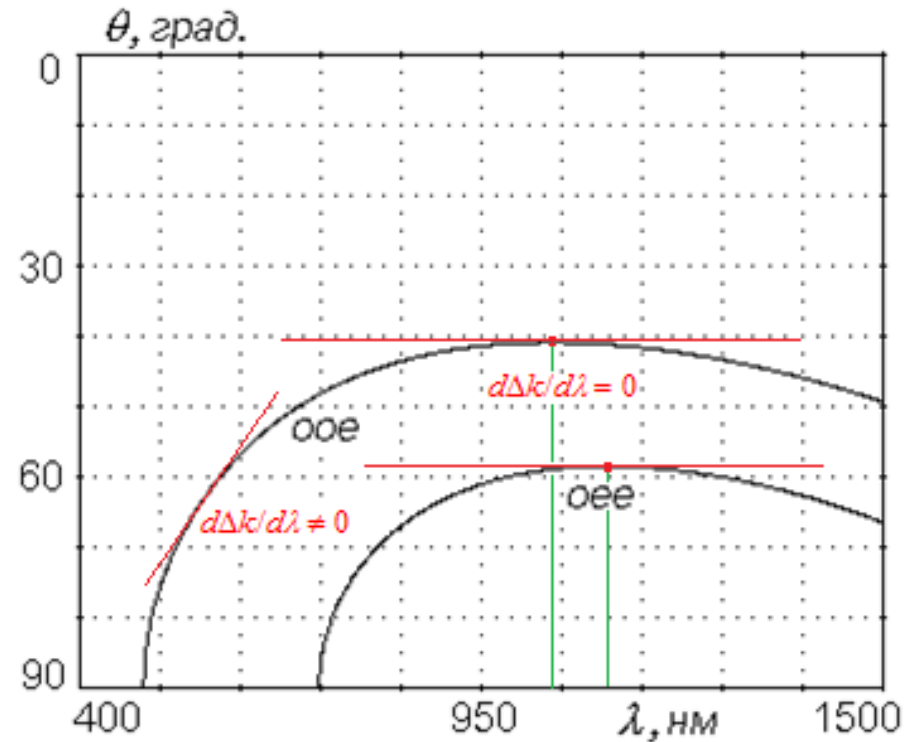
Одноосные кристаллы

Спектральная ширина синхронизма

$$\Delta k(\varphi_0, \theta_0, \lambda_0 + \Delta\lambda, T_0) = \frac{\partial \Delta k}{\partial \lambda} \Delta\lambda + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta k}{\partial \lambda^2} (\Delta\lambda)^2 + \dots$$



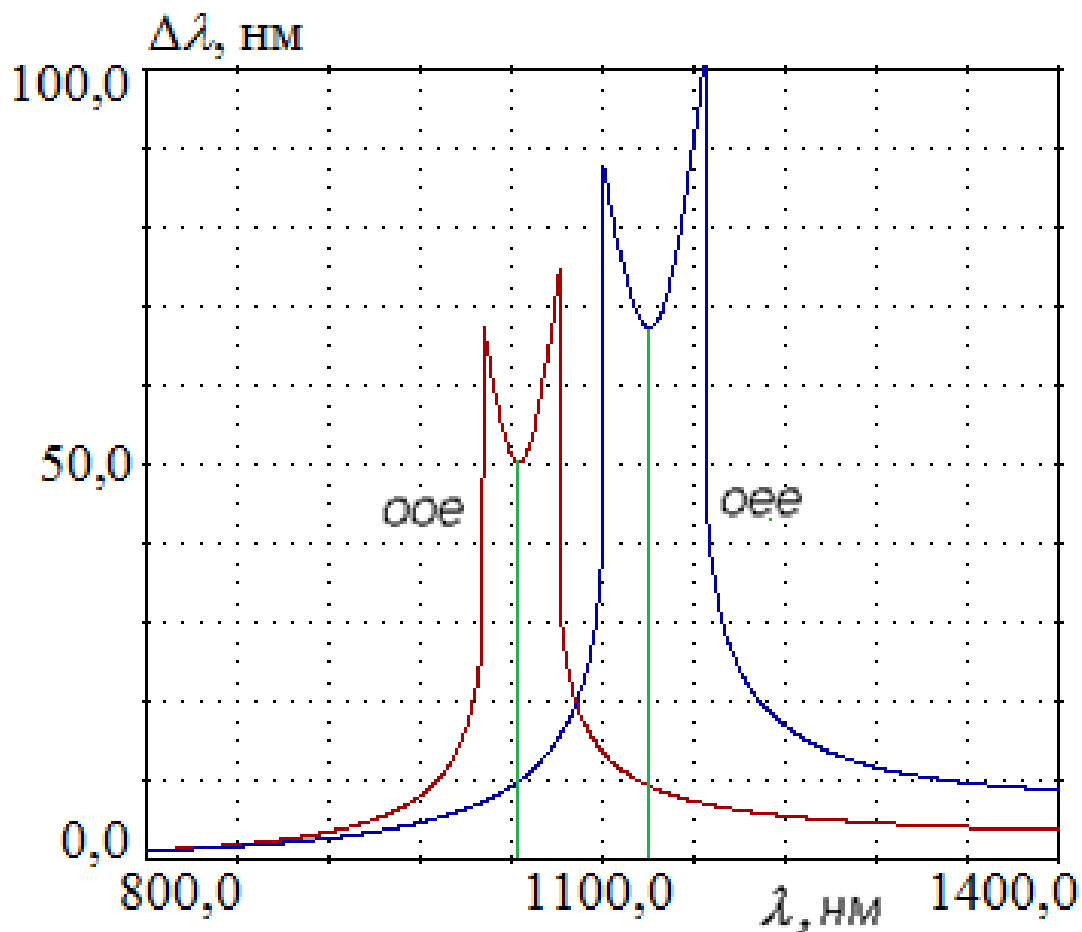
Положительный кристалл ZGP



Отрицательный кристалл KDP

$$d\Delta k / d\lambda = 0 \quad \rightarrow \quad d\theta / d\lambda = 0$$

Дисперсия спектральной ширины синхронизма



Отрицательный кристалл KDP

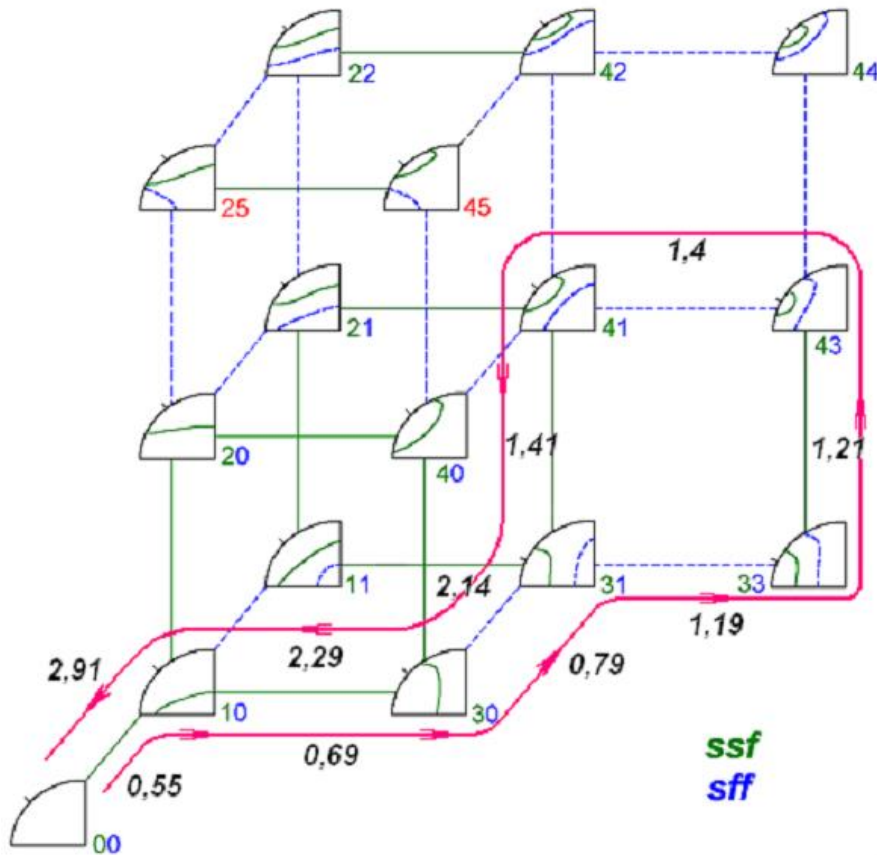
Одноосные кристаллы – ширины синхронизма при генерации второй гармоники

Кристалл	ТГС	Тип	λ , мкм	$\theta_{\text{фс}}$	$2\Delta\theta$, мин.	$2\Delta T$, °C	$2\Delta\lambda$, нм	φ_{opt}	$d_{\text{эфф}}$, пм/В	n	$d_{\text{эфф}}^2/n^3$
BBO	3m	ооо	1,064	22° 53'	2' 54"	35,98	2,12	30°	1,59	1,65	0,56
		ооо	1,064	32° 33'	4' 25"	38,46	2,16	0°	1,26	1,67	0,34
CDA	$\bar{4}2m$	ооо	1,064	88° 43'	7° 8' 19"	7,15	3,57	45°	0,4	1,55	0,04
		ооо	1,064	---							
KDP	$\bar{4}2m$	ооо	1,064	40° 53'	5' 49"	14,74	64,27	45°	0,31	1,49	0,03
		ооо	1,064	58° 42'	11' 9"	18,78	13,51	0°	0,42	1,47	0,055
DKDP	$\bar{4}2m$	ооо	1,064	36° 34'	6' 24"	15,78	5,8	45°	0,25	1,49	0,019
		ооо	1,064	53° 38'	11' 48"	35,15	4,96	0°	0,4	1,47	0,05
LiNbO ₃	3m	ооо	1,064	83° 4'	17' 21"	0,95	0,325	90°	6,2	2,23	3,45
		ооо	1,064	---							
LiIO ₃	6	ооо	1,064	29° 58'	2' 11"	16,34	0,64	*	3,55	1,86	1,97
		ооо	1,064	43° 58'	3' 41"	17,54	0,68	*	0,0		
Proustite	$\bar{4}2m$	ооо	2,09	30° 5'	4' 2"	---	1,47	90°	21,24	2,79	20,77
(Прустит)	3m	ооо	2,09	44° 17'	6' 54"	---	1,56	0°	9,23	2,78	3,96
Urea	$\bar{4}2m$	еео	1,064	22° 2'	3' 32"	---	1,68	0°	0,904	1,48	0,25
(Мочевина)		еоо	1,064	31° 48'	5' 20"	---	1,68	45°	0,68	1,48	0,14
ZnGeP ₂	$\bar{4}2m$	еео	5,3	47° 5'	1° 6' 12"	---	153,0	0°	75,2	3,38	146,46

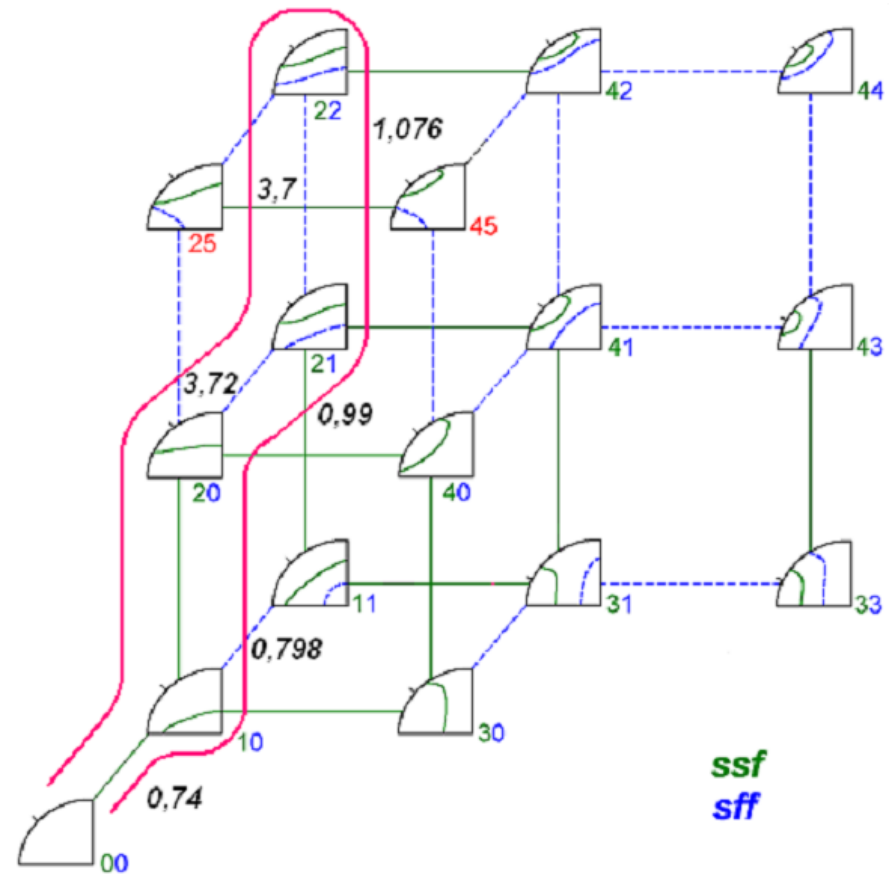
Двухосные кристаллы

Спектральная ширина синхронизма

$$\Delta k(\varphi_0, \theta_0, \lambda_0 + \Delta\lambda, T_0) = \frac{\partial \Delta k}{\partial \lambda} \Delta\lambda + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta k}{\partial \lambda^2} (\Delta\lambda)^2 + \dots$$



Дисперсия направлений ФС кристалла LBO.

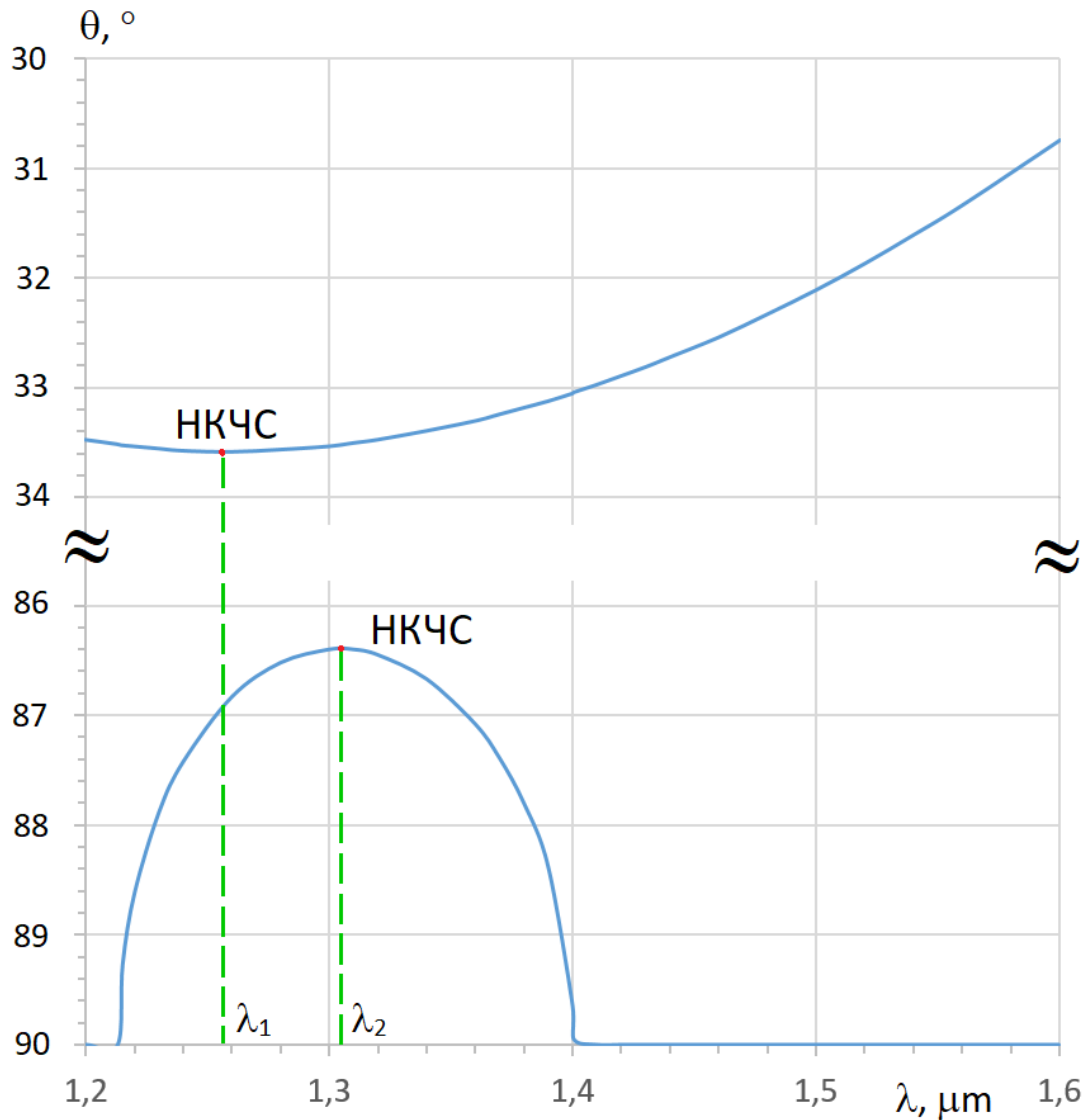


Дисперсия направлений ФС кристалла KTR.

НКЧС в плоскости xz при ГВГ

Кристалл: **LBO**. *ssf*-типа взаимодействия.

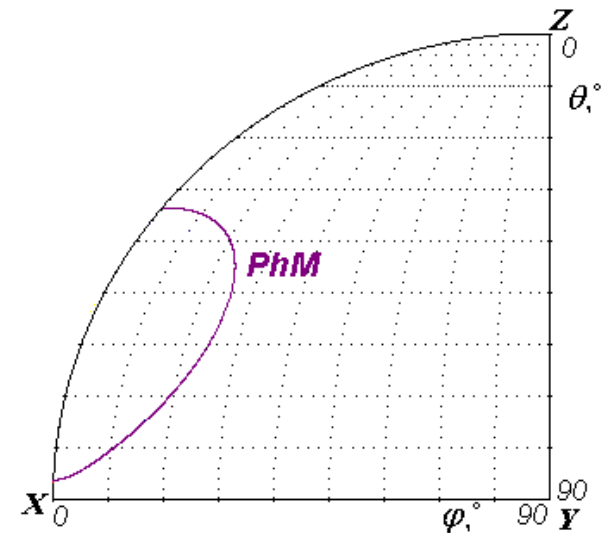
Плоскость xz



НКЧС при $\theta < V_z$

$$\lambda_1 = 1,26 \text{ мкм}$$

$$\theta = 33,58^\circ$$



НКЧС при $\theta > V_z$

$$\lambda_2 = 1,307 \text{ мкм}$$

$$\theta = 87,39^\circ$$

Некритичные взаимодействия и синхронизм

Определяем независимо:

1. Направления фазового синхронизма (ФС)
(phase matching (PhM)):

$$\Delta k_0(\varphi, \theta) = 0$$

2. Направления некритичного по частоте взаимодействия (НКЧВ)
(frequency noncritical interactions (FNCI)):

$$\frac{\partial \Delta k(\varphi, \theta)}{\partial \lambda} = 0$$

Одновременно:

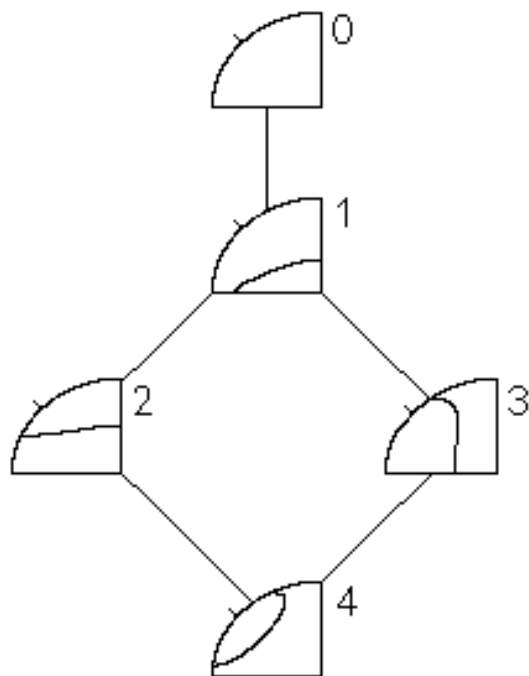
Некритичный по частоте синхронизм (НКЧС)
(frequency noncritical phase matching (FNCPHM)) –
направления, в которых одновременно:

$$\text{(НКЧС)} = \text{(ФС)} + \text{(НКЧВ)}$$

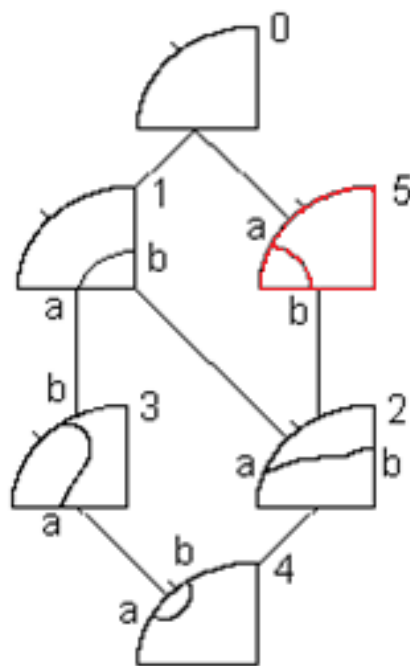
$$\frac{\partial \Delta k(\varphi, \theta)}{\partial \lambda} = 0 \quad \text{Определяет направление НКЧС}$$

$$\frac{\partial^2 \Delta k(\varphi, \theta)}{\partial \lambda^2} \quad \text{Определяет ширину синхронизма}$$

Диаграммы направлений ФС и НКЧВ при ГВГ



sff



sff

Диаграммы направлений ФС – *sff* и *sff*
соотношения $n_z > n_y > n_x$

Появление ФС:

ssf - вдоль главной оси y ,
sff - вдоль главных осей y и x ,

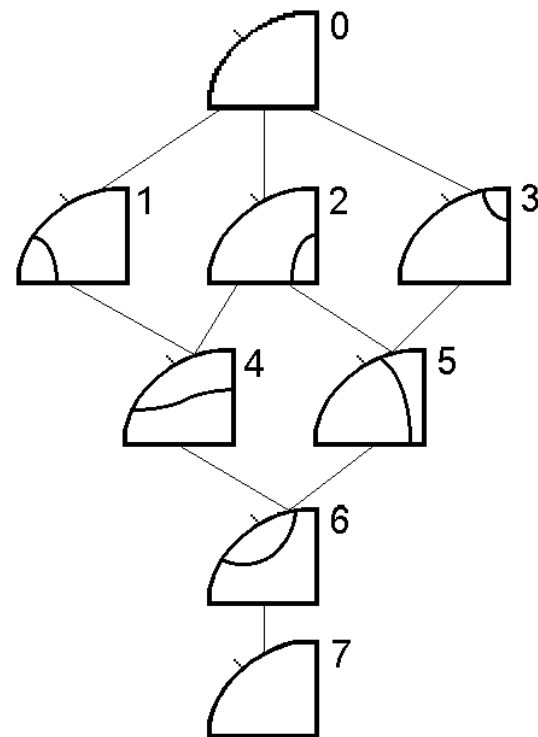


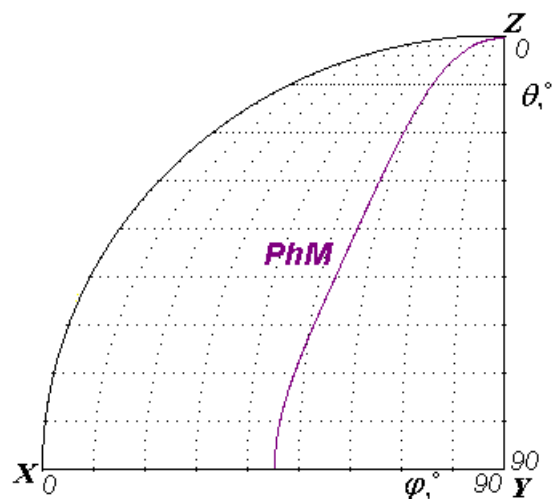
Диаграмма направлений НКЧВ
 $dn/d\lambda$ - произвольные соотношения

Появление НКЧС:

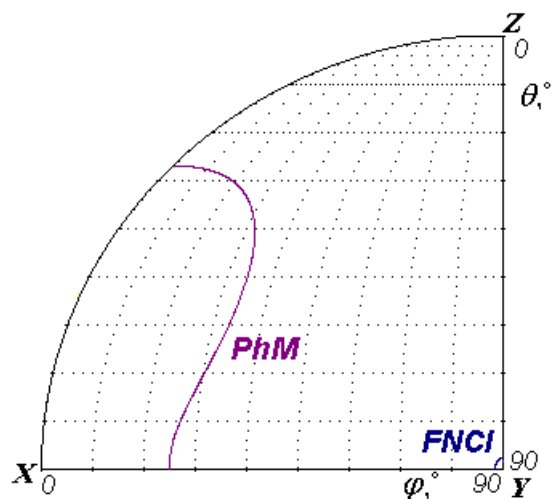
- вдоль любой из главных осей,
 - вдоль оптической оси,

ФС, НКЧВ, и НКЧС

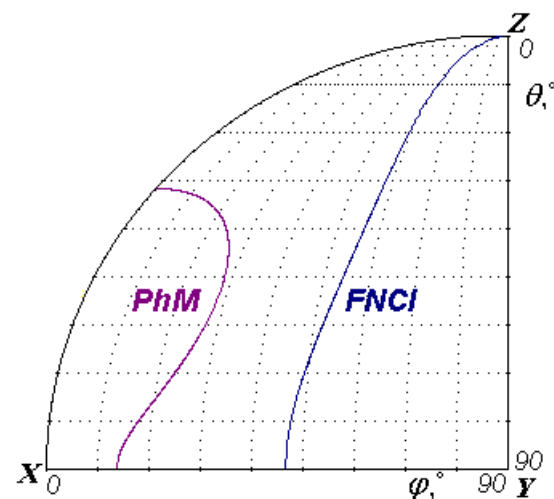
Диаграммы направлений НКЧВ и ФС для *ssf*-типа взаимодействия кристалла LBO



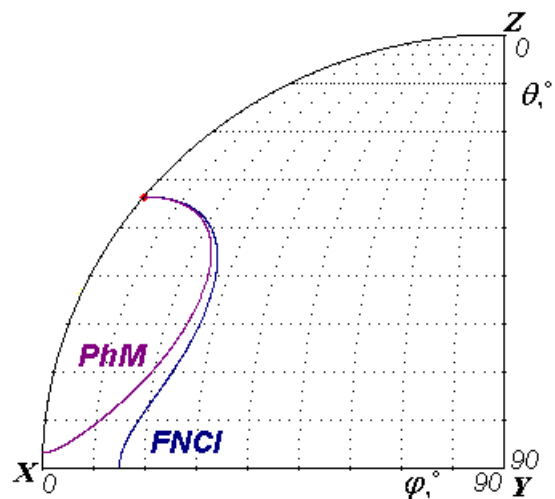
$\lambda = 687,1$ нм



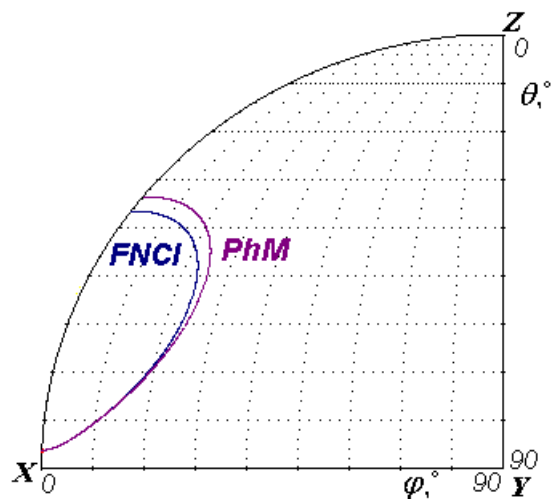
$\lambda = 875,7$ нм



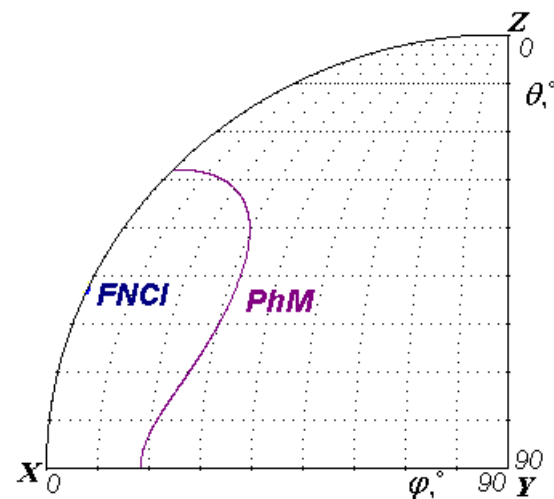
$\lambda = 1029,9$ нм



НКЧС xz: $\lambda = 1260$ нм



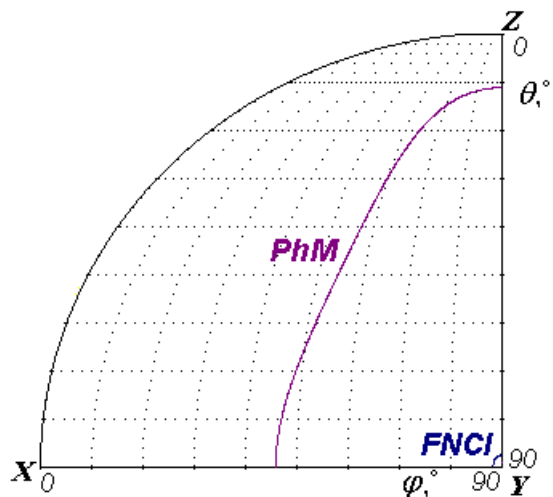
НКЧС xz: $\lambda = 1307$ нм



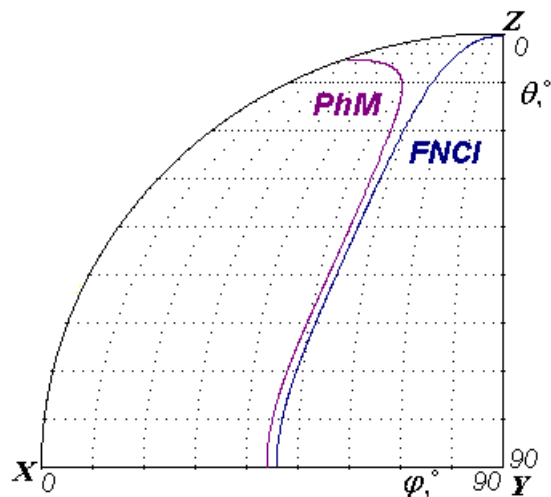
$\lambda = 1765$ нм

ФС, НКЧВ, и НКЧС

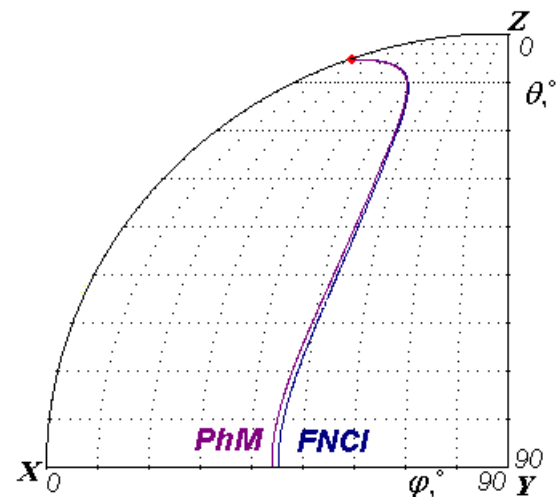
Диаграммы направлений НКЧВ и ФС для *sff*-типа взаимодействия кристалла LBO



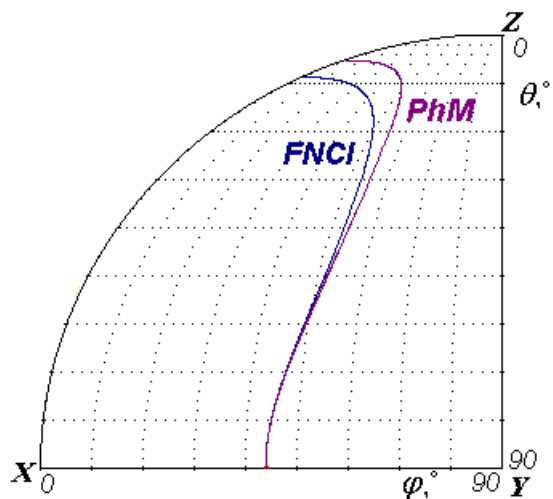
$\lambda=1139$ нм



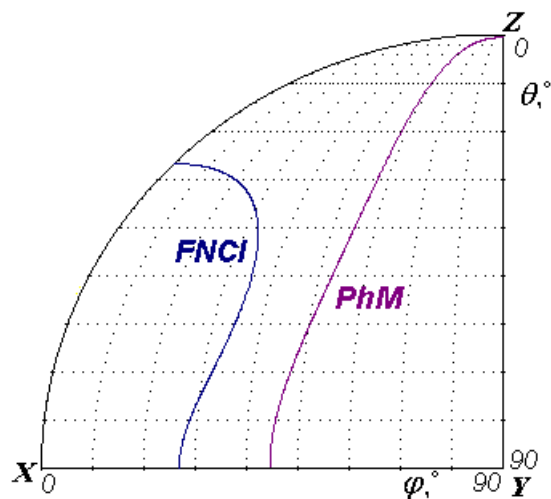
$\lambda=1288$ нм



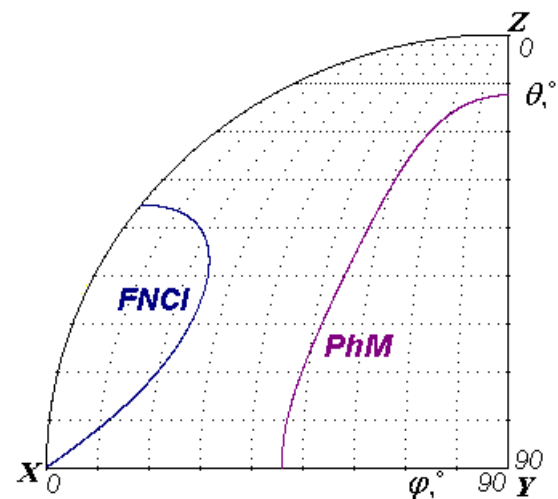
НКЧС xz: $\lambda=1292,3$ нм



НКЧС xy: $\lambda=1300,0$ нм



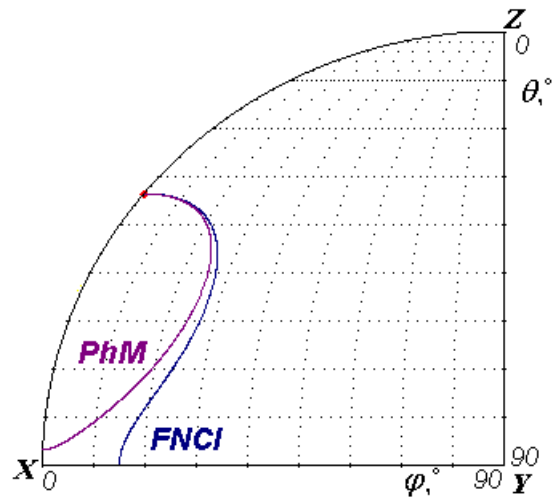
$\lambda=1400,2$ нм



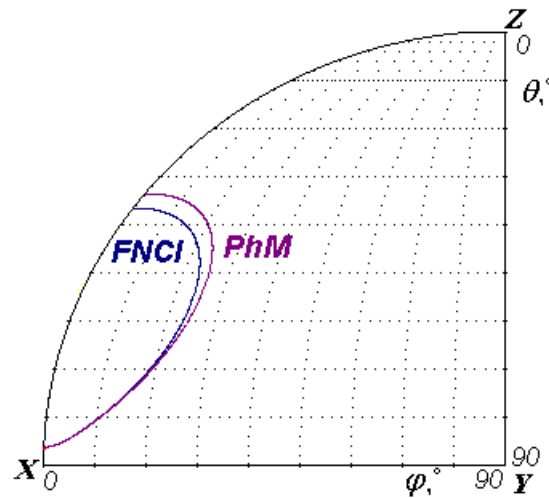
$\lambda=1480,9$ нм

НКЧС и нелинейность среды

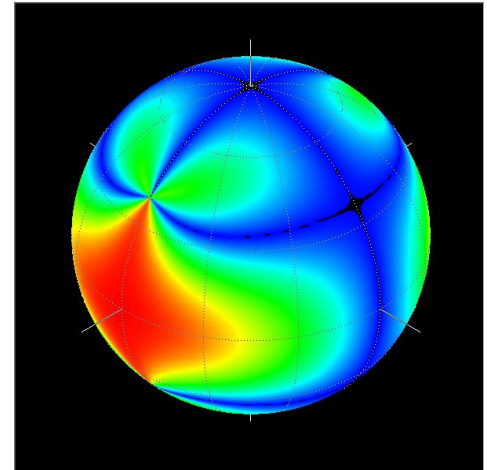
LBO, *ssf*



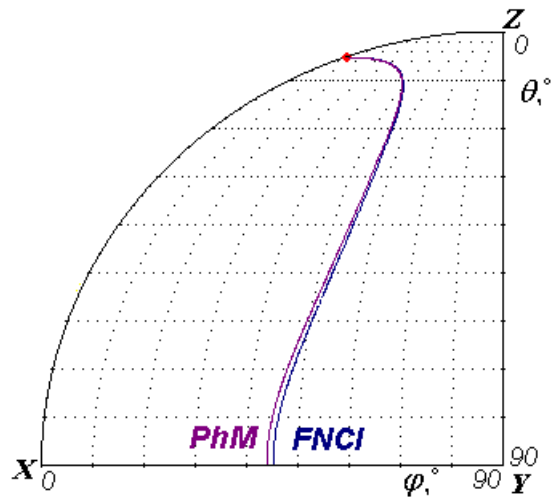
$\lambda = 1260$ nm



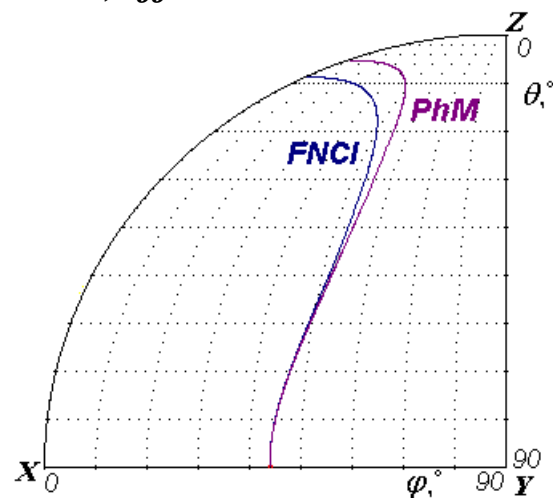
$\lambda = 1307$ nm



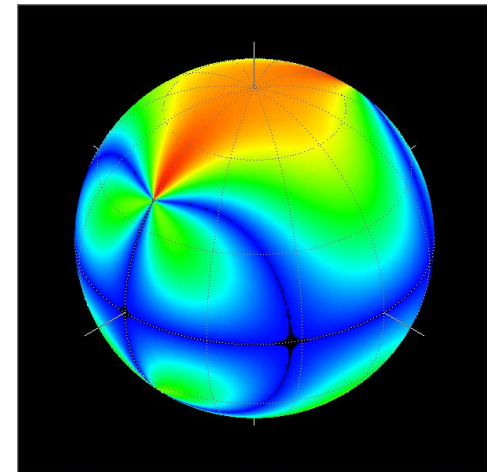
LBO, *sff*



$\lambda = 1292,3$ nm



$\lambda = 1300,0$ nm



Критичный и некритичный по частоте синхронизм

$$\Delta k = \Delta k_0 + \frac{d\Delta k}{d\lambda} \Delta \lambda + \frac{1}{2} \frac{d^2 \Delta k}{d\lambda^2} \Delta \lambda^2 + \dots$$

$$v_{gr} = \frac{d\omega}{dk}$$

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} \neq 0 \rightarrow v_{gr,1} \neq v_{gr,2}$$

Спектральное
представление.

Временное
представление.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} = 0$$

Определяет только
направление НКЧС.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} \neq 0$$

$$\frac{d^2 \Delta k}{d\lambda^2} \neq 0$$

Критичный по частоте синхронизм:
– групповая задержка,
– дисперсионное распывание.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} \neq 0$$

$$\frac{d^2 \Delta k}{d\lambda^2} = 0$$

Критичный по частоте синхронизм:
– групповая задержка.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} = 0$$

$$\frac{d^2 \Delta k}{d\lambda^2} \neq 0$$

Некритичный по частоте синхронизм:
– дисперсионное распывание.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} = 0$$

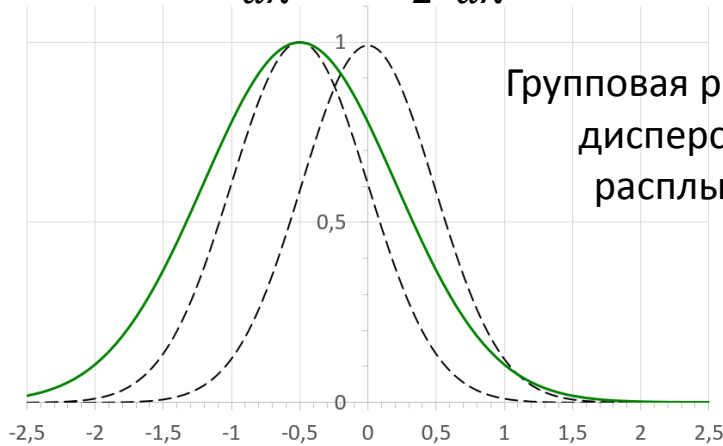
$$\frac{d^2 \Delta k}{d\lambda^2} = 0$$

Полный некритичный по частоте синхронизм.
Точное согласование.

Критичный и некритичный по частоте синхронизм

Ожидаемые последствия для импульсов излучения.

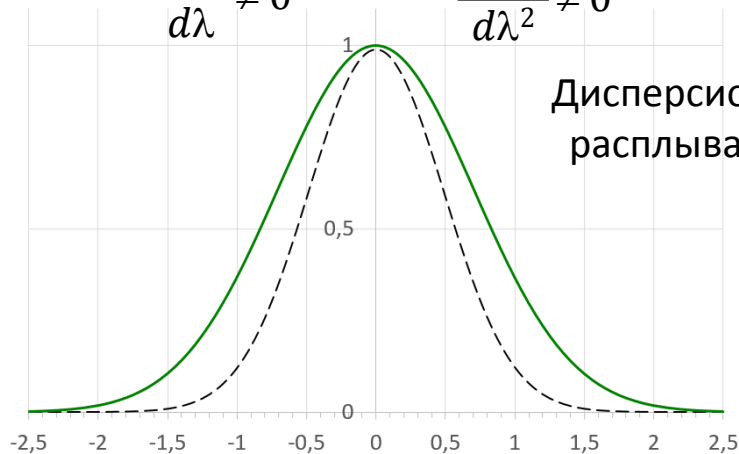
$$\Delta k = \Delta k_0 + \frac{d\Delta k}{d\lambda} \Delta\lambda + \frac{1}{2} \frac{d^2\Delta k}{d\lambda^2} \Delta\lambda^2 + \dots \quad v_{gr} = \frac{d\omega}{dk}$$



Групповая расстройка и дисперсионное расплывание.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} \neq 0$$

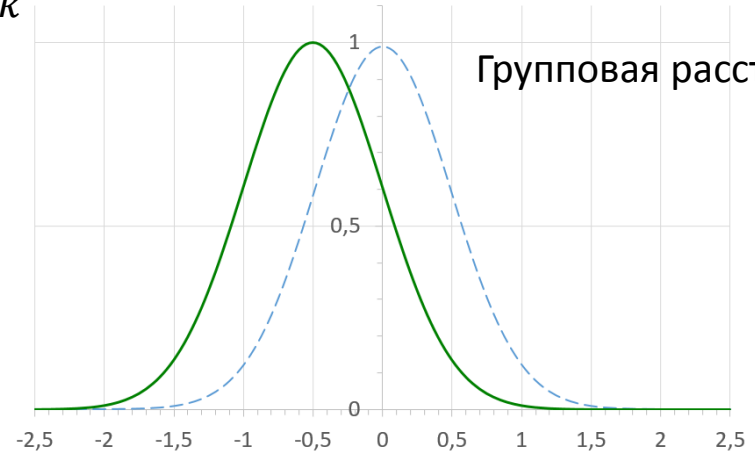
$$\frac{d^2\Delta k}{d\lambda^2} \neq 0$$



Дисперсионное расплывание.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} = 0$$

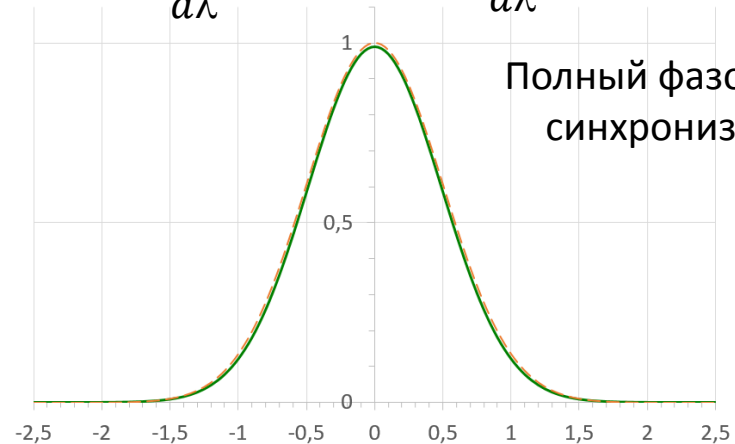
$$\frac{d^2\Delta k}{d\lambda^2} \neq 0$$



Групповая расстройка.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} \neq 0$$

$$\frac{d^2\Delta k}{d\lambda^2} = 0$$



Полный фазовый синхронизм.

$$\frac{d\Delta k}{d\lambda} = 0$$

$$\frac{d^2\Delta k}{d\lambda^2} = 0$$