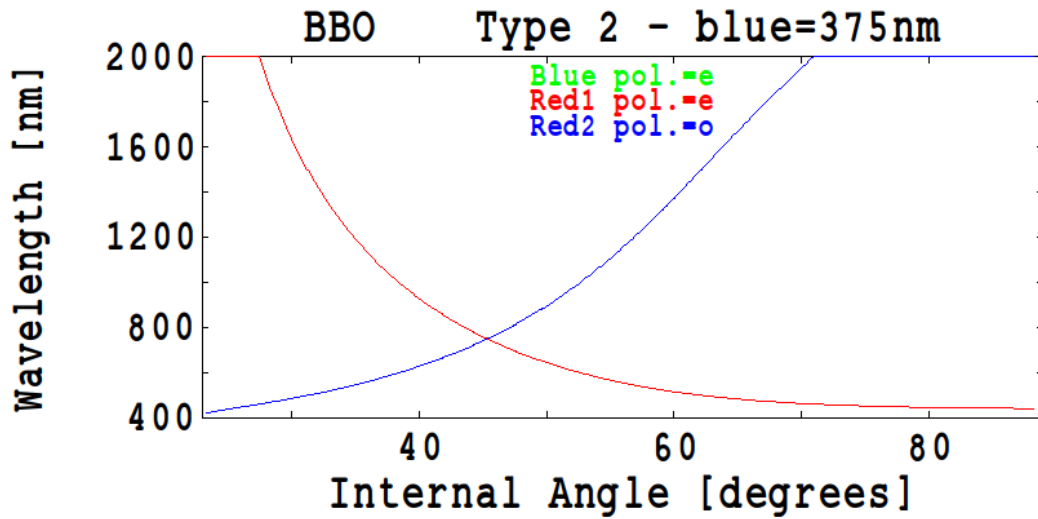
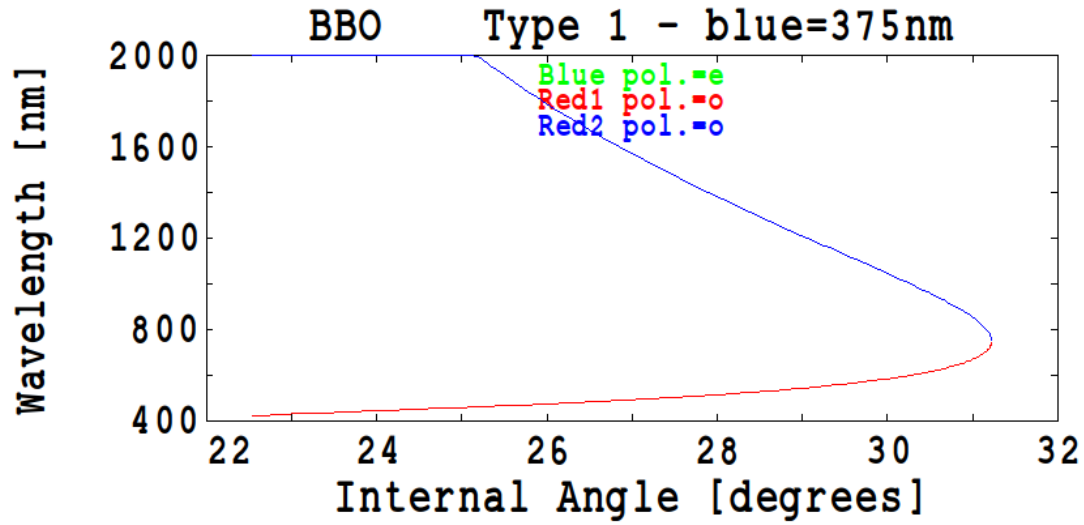


angles

October 9, 2025

0.1 Wyniki z SNLO



$$750.0(o) + 750.0(o) = 375.0(e)$$

$$\text{Walkoff [mrad]} = 0.00 \ 0.00 \ 71.18$$

$$\text{Phase velocities} = c / 1.662 \ 1.662 \ 1.662$$

$$\text{Group velocities} = c / 1.688 \ 1.688 \ 1.756$$

GrpDelDisp(fs²/mm) = 83.3 83.3 213.9
 At theta = 31.2 deg.
 Deff = 1.98E0 pm/V
 S_o × L² = 2.20E7 Watt
 Crystal ang. tol. × L = 0.32 mrad°cm
 Temperature range × L = 18.97 K°cm
 Mix acpt ang × L = 0.63 0.63 mrad°cm
 Mix acpt bw × L = 440.07 440.07 GHz°cm

$$750.0(e) + 750.0(o) = 375.0(e) \setminus$$

Walkoff [mrad] = 71.84 0.00 77.30
 Phase velocities = c/ 1.600 1.662 1.631
 Group velocities = c/ 1.621 1.688 1.718
 GrpDelDisp(fs²/mm) = 72.4 83.3 196.1
 At theta = 45.3 deg.
 Deff = 9.89E-1 pm/V
 S_o × L² = 8.39E7 Watt
 Crystal ang. tol. × L = 0.55 mrad°cm
 Temperature range × L = 16.14 K°cm
 Mix acpt ang × L = 8.59 0.58 mrad°cm
 Mix acpt bw × L = 310.59 1006.12 GHz°cm

Czyli SPDC I ma mniejszą moc progową względem SPDC II, ale też mniejszą tolerancję kątową, optymalne kąty:

$$\theta_I = 31.2^\circ$$

$$\theta_{II} = 45.3^\circ$$

0.2 Dla SPDC I

$$e \rightarrow o + o$$

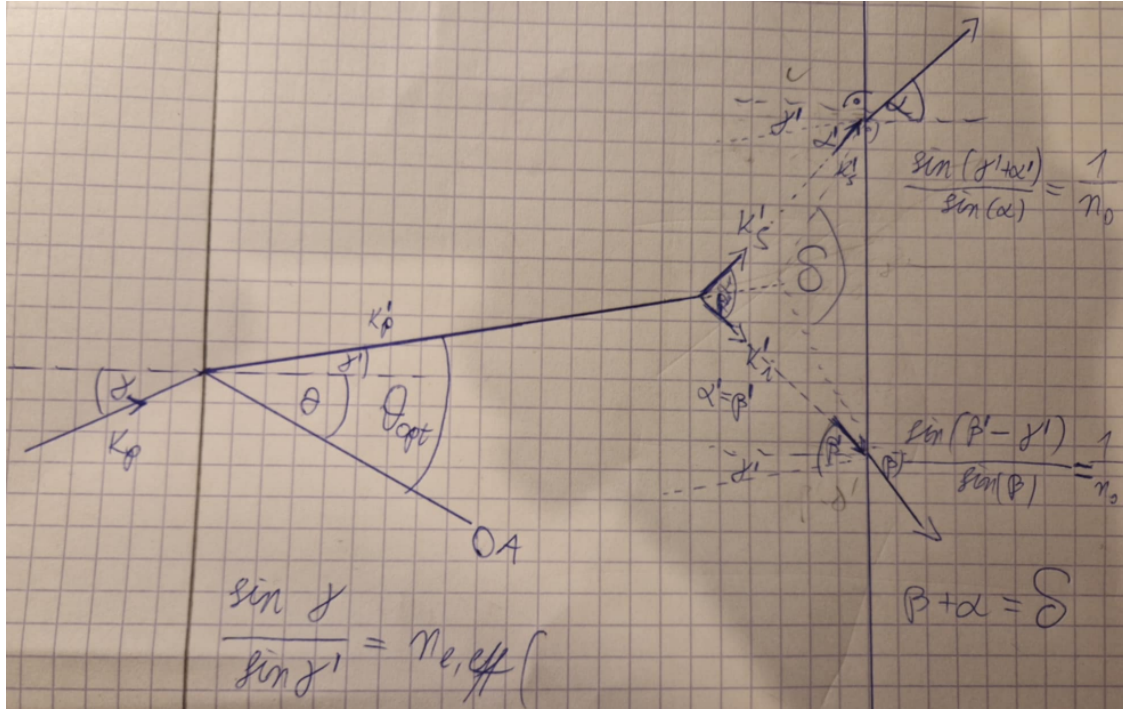
$$\theta_{OPT} = 31.2^\circ (\text{SNLO})$$

α - kąt między jednym produktem SPDC I po wyjściu z kryształu, a normalną do powierzchni kryształu,

β - kąt między drugim produktem SPDC I po wyjściu z kryształu, a normalną do powierzchni kryształu

Primowane wartości są wewnątrz kryształu

$$\theta = 29.2^\circ (\text{Crystal specification})$$



$$\frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{\lambda_s} + \frac{1}{\lambda_i} = \frac{2}{\lambda_{is}}$$

$$\gamma' + \theta = \theta_{OPT}$$

$$n_{e,eff}(\lambda, \theta) = \left(\frac{\cos^2 \theta}{n_o(\lambda)^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e(\lambda)^2} \right)^{-1/2}$$

$$k_{p,inside} = k'_p = n_{e,eff}(\lambda_{p,vac}, \gamma' + \theta) \frac{2\pi}{\lambda_{p,vac}}$$

$$\lambda'_i = \lambda'_s \Rightarrow \alpha' = \beta'$$

$$\vec{k}'_p = \vec{k}'_s + \vec{k}'_i \Rightarrow k'_s = \frac{k'_p}{2 \cos \alpha'} \Rightarrow \frac{k'_p}{2k'_s} \leq 1$$

$$\sin \gamma = n_{e,eff}(\lambda_p, \gamma' + \theta) \sin \gamma'$$

$$\sin \alpha = n_o(\lambda_{is}) \sin(\alpha' + \gamma')$$

```
[ ]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from engineering_notation import *
from BBO import *
```

```
[ ]: lp = 0.370
ls = lp * 2 # idle and signal
THETA = np.radians(29.2)
THETA_OPT = np.radians(32.5)
```

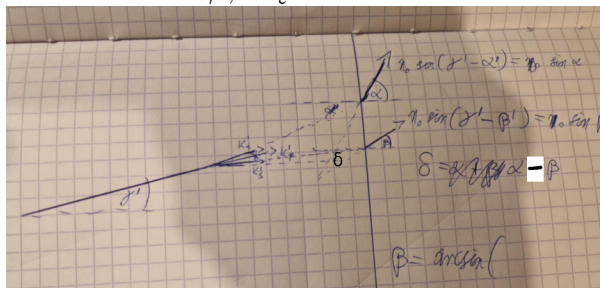
```

gp = THETA_OPT - THETA
gamma = np.arcsin(neeff(lp, THETA_OPT) * np.sin(gp))
print("gamma =", np.degrees(gamma))
print("gamma^\prime =", np.degrees(gp))

kp_prime = neeff(lp, THETA_OPT) * 2 * np.pi / lp
kis_prime = no(ls) * 2 * np.pi / ls
assert kp_prime / (2 * kis_prime) <= 1
ap = np.arccos(kp_prime / (2 * kis_prime))
print("alpha^\prime =", np.degrees(ap))

```

Ponieważ $\alpha' < \gamma'$, więc



$$\sin \beta = n_o(\lambda_{is}) \sin(\gamma' - \beta')$$

$$\delta = \alpha - \beta$$

```

[ ]: bp = ap
alpha = np.arcsin(no(ls) * np.sin(ap + gp))
beta = np.arcsin(no(ls) * np.sin(gp - bp))
print(
    "alpha =",
    np.degrees(alpha),
    "\nbeta =",
    np.degrees(beta),
    "\ndelta =",
    np.degrees(alpha - beta),
    "\ndelta/2 =",
    np.degrees(alpha - beta) / 2,
)

```

Kąty między fotonami wyjściowymi, a wiązką lasera pompującego:

```

[ ]: print(np.degrees(alpha - gamma))
print(np.degrees(beta - gamma))

```

Jest to zgodnie z przewidywaniami symetryczne. $\delta/2 = 2.04^\circ$ nie wiem czy można to uznać za zgodne z literaturą (Galvez et al. 2005, Kwiat et al. 1995), chociaż używano innych długości fali

(457.2 nm, 351.1 nm) i inaczej ciętych kryształów (26.13, 49.2) oba artykuły miały $\delta/2$ ok. 3° , ale nie pisali dlaczego, ani skąd

Nie jestem pewien czy dobrze rozumiem wynik SNLO: `Crystal ang. tol.*L = 0.32 mrad*cm`, czyli tolerancja kątowa θ_{tol} , zależy od **grubości** kryształu L :

$$\theta_{tol} = \frac{0.32 \text{ mrad cm}}{L}$$

Dla kryształu o grubości 0.1 cm, jest to 0.18°

```
[49]: np.degrees(0.32e-3) / (0.1)
```

```
[49]: 0.18334649444186343
```