

# Jak přeměnit světlo na hmotu



D. Krátký<sup>1</sup>, M. Kalda<sup>2</sup>, K. Vlčková<sup>3</sup>, A. Trnka<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Lud'ka Pika, Plzeň; tyna.wolf2k4@gmail.com

<sup>2</sup>Gymnázium Tišnov; martin.kalda07@gmail.com

<sup>3</sup>Gymnázium Tanvald; 2018-kratky-daniel@gymtan.cz

<sup>4</sup>GYOA Pelhřimov; trnka.antoska@gmail.com

## Abstrakt

V této práci popisujeme simulaci generace virtuálních elektron-pozitronových párů pomocí různě polarizovaných laserových záblesků, tedy přeměnu energie ve hmotu. Cílem je porovnat efektivitu lineární a radiální polarizace laseru, aby se zjistilo kterou metodu je vhodnější použít při experimentálním ověřování jevu. Ve výsledcích je vidět řádově vyšší účinnost radiální polarizace

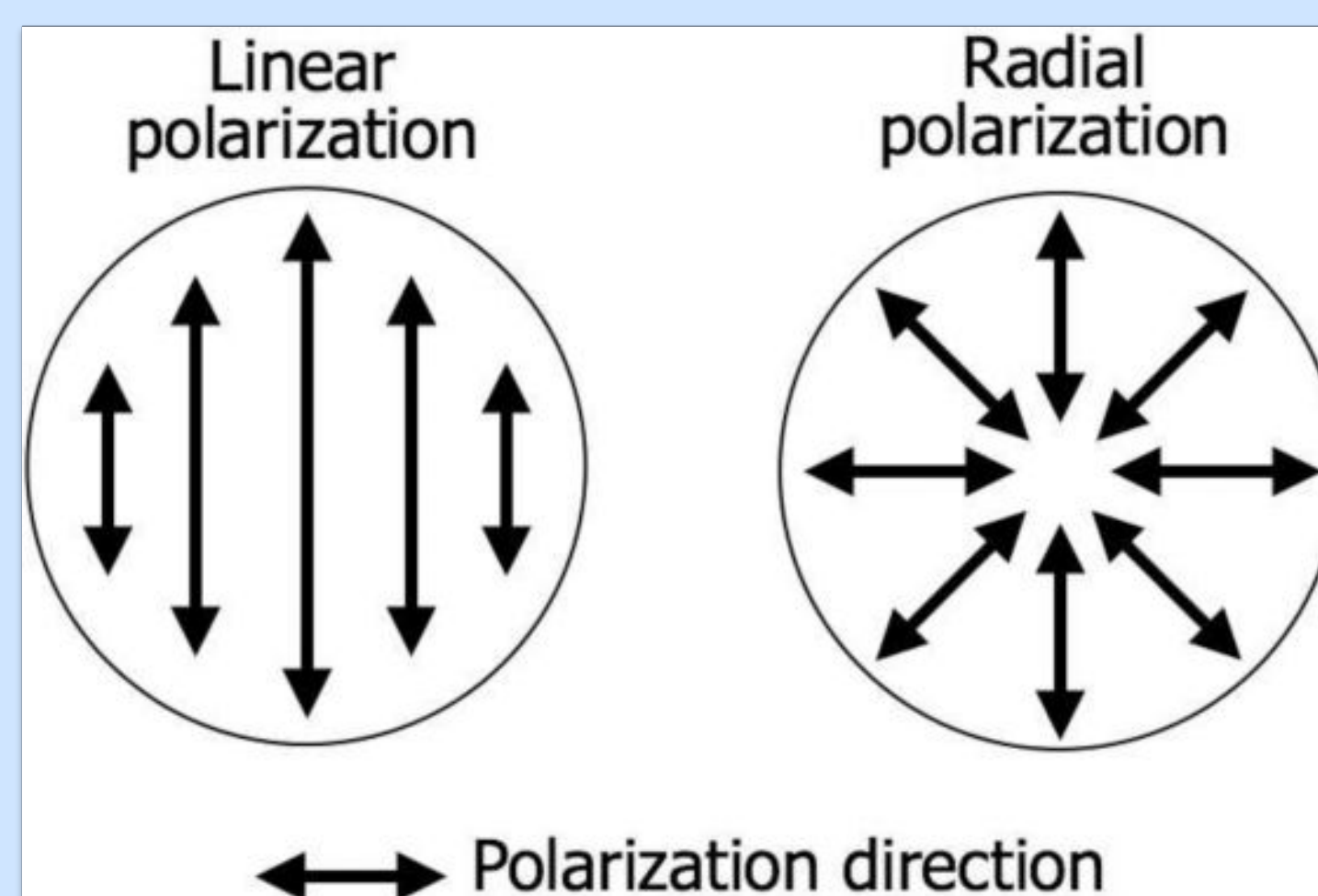
## Rovnice

$$\vec{F} = -q(\vec{E} + \vec{v} * \vec{B} + G)$$

- Používáme variantu Lorentzovy rovnice
  - $q$  = náboj elektronu
  - $E$  = elektrické pole
  - $v$  = rychlost
  - $B$  = magnetické pole
  - $G$  = kvantové korekce

## Postup

- K přeměně energie na hmotu potřebujeme laser a elektron.
- Elektron v elektromagnetickém (EM) poli laseru se začne urychlovat a opisovat zakřivenou trajektorii → vyzářuje fotony.
- Tyto fotony se srážejí s fotony laseru → elektron-pozitronové páry - Breit-Wheelerův princip
- Tento proces se opakuje → kaskáda → až  $10^7$  párů. [1]
- Jsou dva způsoby
  - Lineární polarizace → jednu nevýhodu - elektron se může dostat mimo pole působnosti laseru.
  - Radiální polarizace → elektron bude tam kde je třeba ve správnou chvíli.



## Cíl

- Nasimulovat celý proces s různými parametry
- Porovnat efektivitu lineární a radiální polarizace
- Určit intenzitu laseru potřebnou pro vypovídající výsledky experimentu.

## Výpočty

- Výpočty byly provedeny superpočítačem v Ostravě (metacentrum.cz)
- Deset vstupních souborů, pět s radiální polarizací, pět s lineární.
- Rozdílné velikosti amplitudy laseru, od 1000 do 11000 (současné lasery jsou max na úrovni amplitudy 1000)
- U radiální polarizace nemáme výsledky elektron-pozitronových párů nad laser s amplitudou 4000 z důvodu překročení časového limitu

## Závěr

Při vhodné zvolené (tj. radiální) polarizaci laserového záření je možné generovat řádově větší počet pozitronů oproti standardně používané lineární polarizaci. Kaskádní tvorby pozitronů je možné dosáhnout při intenzitě  $10^{24}$  W/cm<sup>2</sup>, přičemž světový rekord je  $10^{23}$  W/cm<sup>2</sup> [2]. V případě lineární polarizace je potřebná intenzita 100x vyšší.

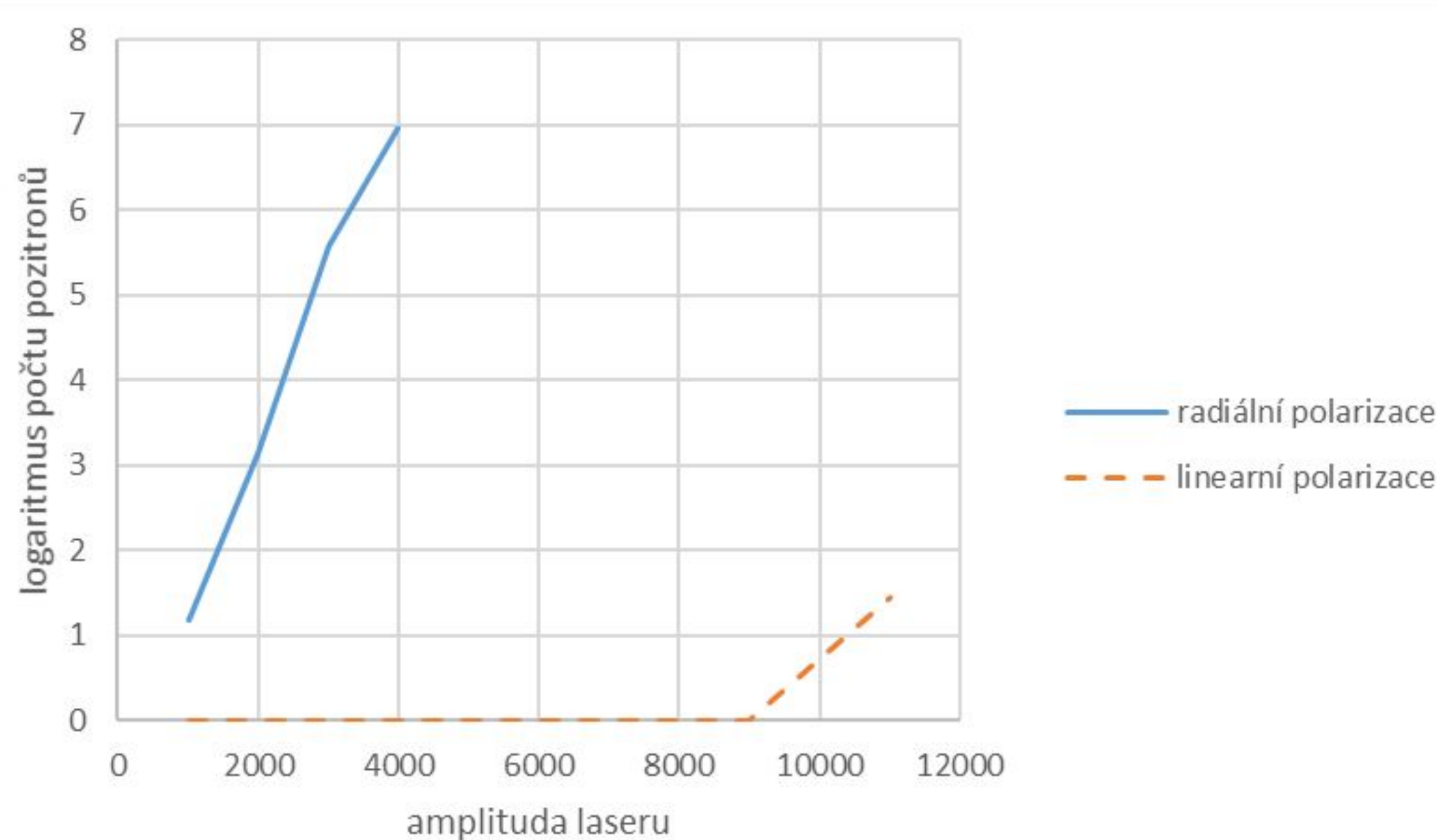
Z provedených výpočtů vyplývá, že pro provedení experimentu přeměny světla na hmotu je zásadní polarizace použitého EM pole, to jest laseru.

## Reference a poděkování

[1] T. G. Blackburn, Rev. Mod. Plasma Phys. 4, 5 (2020)

[2] J. W. Yoon, Y. G. Kim, I. W. Choi, J. H. Sung, H. W. Lee, S. K. Lee, and C. H. Nam, Optica 8, 630 (2021)

- Tímto bychom chtěli poděkovat Ing. Martinovi Jirkovi Ph.D. za odborné vedení. Také děkujeme organizátorům Týdne vědy na Jaderce za přípravu této skvělé akce.



Amplituda	Počet pozitronů v lineární polarizaci (LP)	Počet pozitronů v radiální polarizaci (RP)
1000	0	15
2000	0	1338
3000	0	337 337
4000	0	9 217 340
6000	0	ND
9000	0	ND
11000	0	ND