

K- α záření při interakci krátkých intenzivních laserových pulsů s terčí

prezentace k obhajobě výzkumného úkolu

Vojtěch Horný

Katedra fyzikální elektroniky
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
České vysoké učení technické

13. října 2012

Obsah prezentace

1 Úvod

Obsah

Zadání

Schématický náskres situace

Vnitřní ionizace

Charakteristické záření

2 Simulační kódy

Metoda particle-in-cell a kód LPIC

Metoda Monte Carlo a kód PENELOPE

3 Spektra rychlých elektronů

4 Výpočty rentgenovských spekter

5 Pár slov závěrem

Zadání výzkumného úkolu

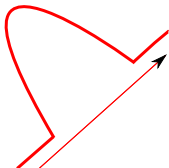
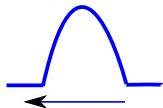
- 1 Studium interakce laserového záření s plazmatem a následný vznik rentgenového záření
- 2 Seznámení se se simulačními kódy LPIC a PENELOPE
- 3 Particle-in-cell simulace interakce laseru s terčíkem, výpočet elektronového spektra, Monte Carlo simulace radiačního transportu a výpočet rentgenového záření z terče.
- 4 Porovnání pro různé případy podle pokynů vedoucího.

Schématický náčrt situace

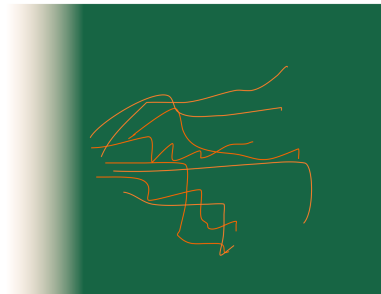
LPIC++
particle-in-cell
simulace

Penelope
simulace metodou
Monte Carlo

femtosekundový
K- α impuls



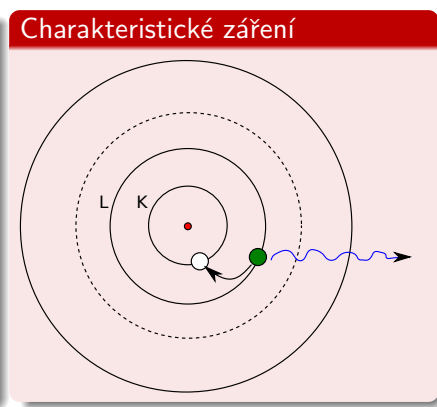
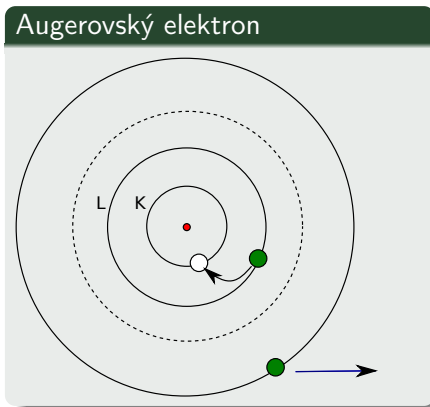
šikmo dopadající
laserová vlna



plasma **pevný terč** **rychlé elektrony**

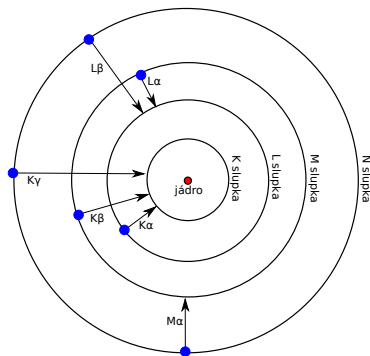
Důsledky ionizace vnitřních slupek

Rychlé zaplnění vnitřní slupky



Charakteristické záření

- diskrétní čarové spektrum
- tabelizované pro každý prvek
- polohy čar z rozdílu energií jednotlivých slupek
- mohou se vyskytovat multiplety

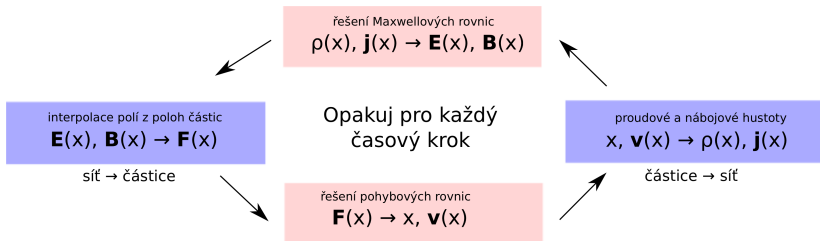


Metoda particle-in-cell a kód LPIC

Částicový kód LPIC++

Částicový kód LPIC++ je 1D3V elektromagnetický particle-in-cell kód. Byl vyvinut v Max-Planck-Institutu v Garchingu. Je napsán objektově v C++.

Byl použit pro výpočet spektra elektronů vstupujících do chladné části terče.



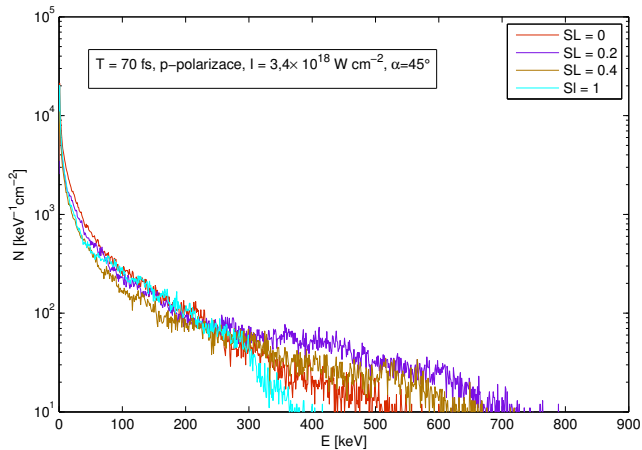
PENELOPE

PENetration and Energy LOss of Positrons and Electrons

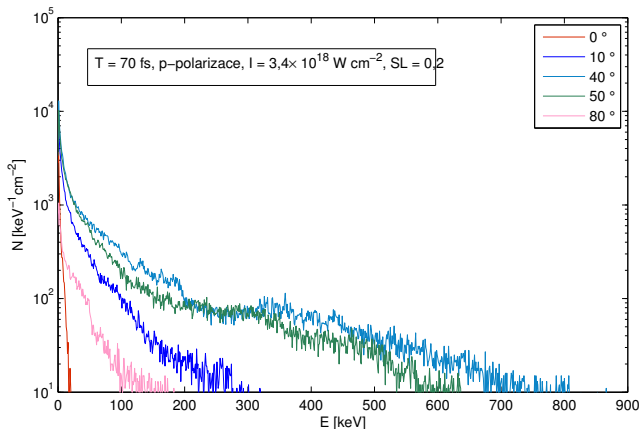
Kód byl vyvinut na Universidad de Barcelona, byla použita verze z roku 2010.

- na vstupu použit výstup ze simulace PIC - spektrum elektronů
- výstupem je spektrum záření v rentgenové oblasti
- jsou zahrnuty jak brzdné, tak charakteristické záření

Spektra rychlých elektronů

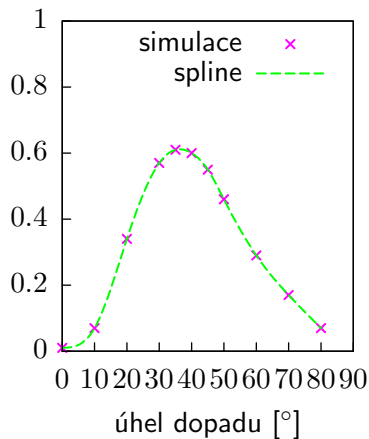
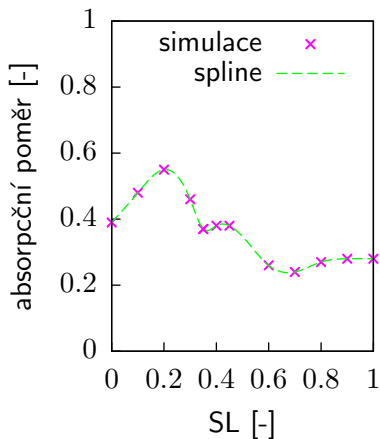


Spektra rychlých elektronů



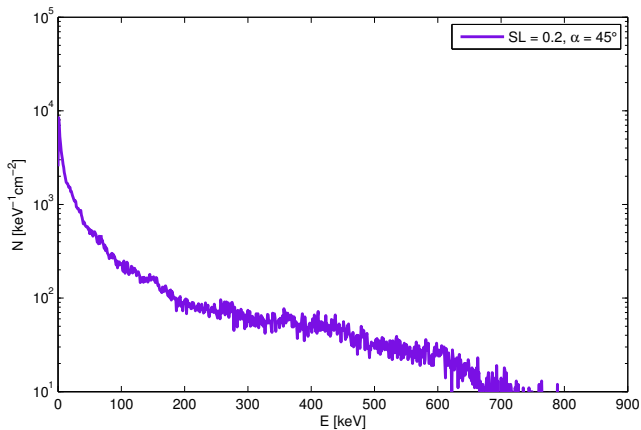
Spektra rychlých elektronů

Absorpce byla počítána z poměru $\frac{E_i - E_r}{E_i}$.



Spektra rychlých elektronů

Nejlepší spektrum



Výpočty rentgenovských spekter

S nejlepším spektrem elektronů ze simulace LPIC byly provedeny výpočty Monte Carlo.

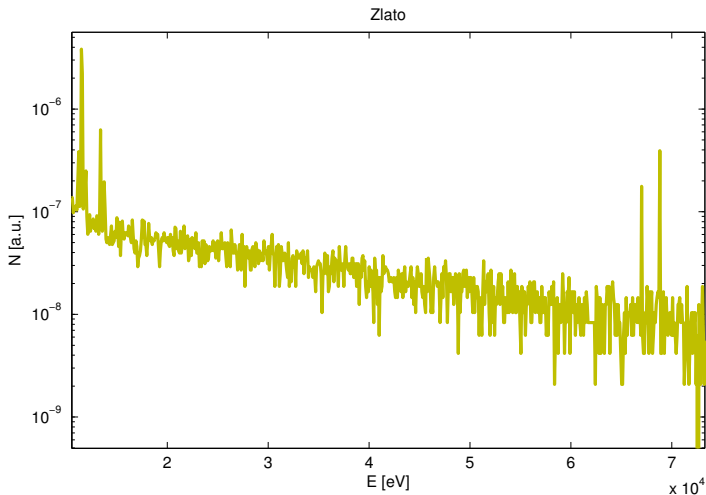
Provedeny následující porovnání

- 1 počet K- α fotonů pro různé prvky (Al, Cu, Ag, Au, U)
- 2 pro jednotlivé prvky závislost tvaru spektra na šířce terčíku
- 3 zkoumán vliv fotoionizace
 - ve většině modelů není emise K- α záření zahrnuta^a

^anapř. C. Reich, *Optimization of Femtosecond Laser Plasma K-alpha Sources*, PhD Thesis at Friedrich-Schiller-Universität Jena, 2003.

Rentgenovská spektra

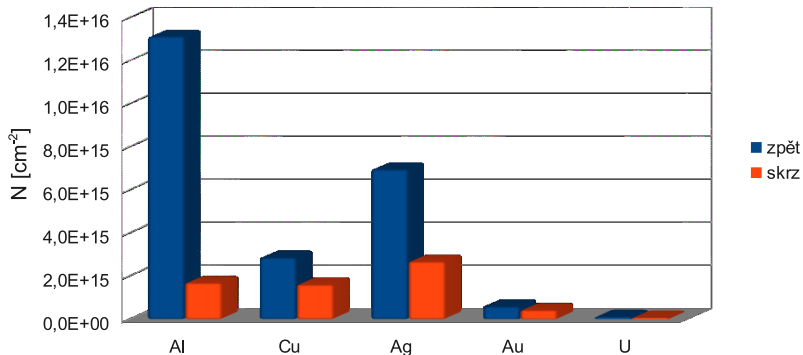
Zlato, 500 μm široký terč.



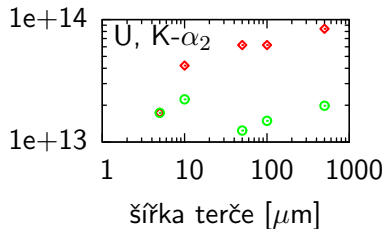
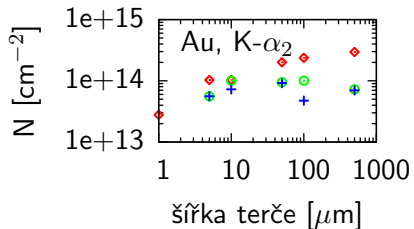
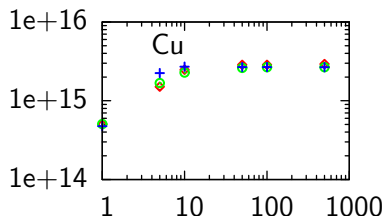
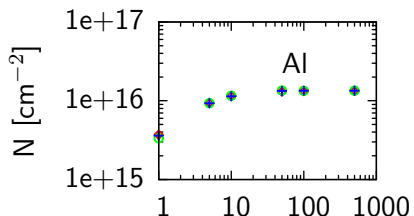
Počet vyzářených K- α fotonů pro různé prvky

Na vstupu stejné spektrum elektronů, 50 μm široký terč.
Rozdílný vliv absorpce v terčičku.

Počet vyzářených fotonů pro různé prvky



Závislost na tloušťce terče a vliv fotoionizace



červená - započítána fotoionizace, zelená - bez fotonů z fotoionizovaných atomů, modrá - bez fotoefektu

- 1 Seznámil jsem se s problematikou interakce laserového záření s plazmatem a procesy vedoucími ke vzniku rentgenového záření.
- 2 Naučil jsem se pracovat s kódy LPIC++ a PENELOPE.
- 3 Podle pokynů vedoucího jsem provedl výpočty a zjistil jsem, že
 - nejlepší parametry pro dopad 70fs laserového impulsu o intenzitě $3,4 \times 10^{18} \text{ W/cm}^2$ jsou scale length = $(0,21 \pm 0,02)$ a úhel $(42 \pm 2)^\circ$.
 - Prokázal jsem nízký vliv fotoionizace na celkový počet generovaných fotonů pro lehčí prvky.
 - Stanovil jsem ideální šířky terčů pro různé prvky.
- 4 Výzkum bude pokračovat v rámci diplomové práce.

Děkuji za pozornost

- **Vojtěch Horný**
- KFE FJFI ČVUT v Praze
- vojtech.horny@atlas.cz
- kfe.fjfi.cvut.cz/~horny



Prezentace online

kfe.fjfi.cvut.cz/~horny/VU/Prezentace.pdf