

# Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích

<sup>1</sup>V. Skála, <sup>2</sup>V. Lahuta, <sup>3</sup>J. Hrubeš, <sup>3</sup>P. Tácha

<sup>1</sup>Gym. Jaroslava Vrchlického, Klatovy

<sup>2</sup>Masarykovo gymnázium, Vsetín

<sup>3</sup>SPŠ strojní a elektrotechnická, České Budějovice

tachpe1997@gmail.com

Katedra fyzikální elektroniky, FJFI ČVUT v Praze

## Abstrakt

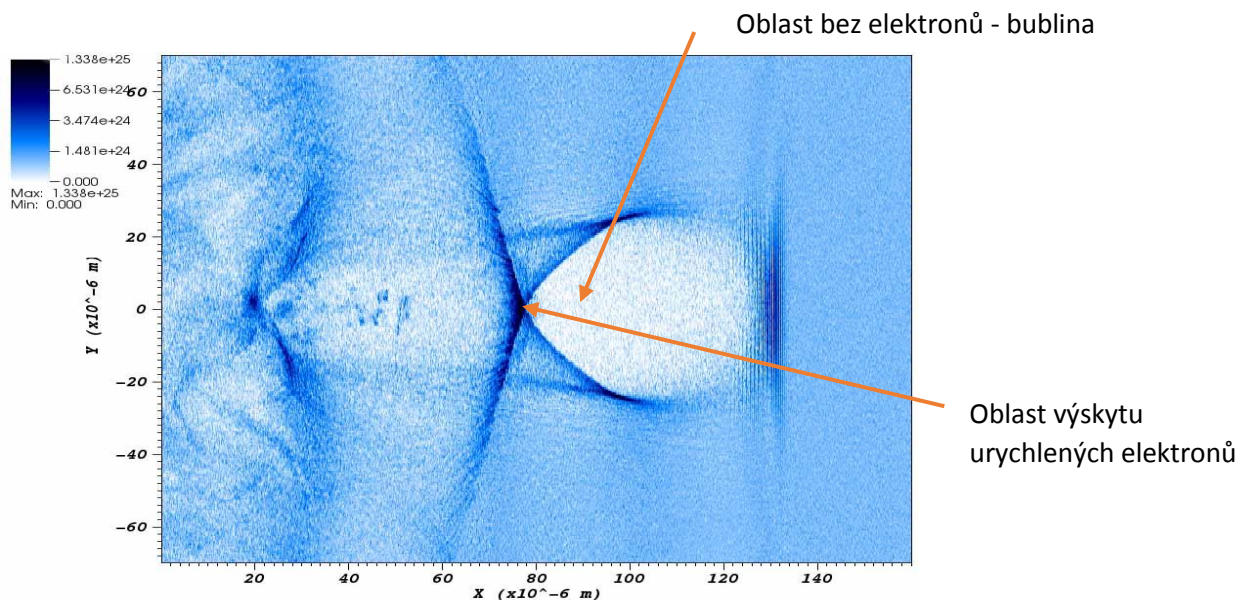
Jistě znáte metodu urychlování částic, která se využívá v mnoha oborech vědy. Problém je, že k urychlení částic potřebujeme velkou energii a spoustu místa (např. LHC). Tudíž jsme zkoumali novou metodu urychlování částic v plazmatu a to pomocí laseru. Průběh experimentu jsem simulovali na superpočítačích. Došli jsme k závěru, že urychlení částic je možné, ale simulace nejsou přesné a na přesné simulace potřebujeme obrovský výpočetní výkon.

## 1 Úvod

Naším cílem bylo prozkoumat chování elektronů při průchodu laseru plazmatem. Zkoumali jsem to z důvodu potřeby najít jiný způsob jak urychlovat částice s úsporou energie a místa. V tomto článku vám zkusíme přiblížit tuto metodu. Začneme od „jak to celé funguje“ přes programy, na který jsme pozorovali simulace až po využití.

## 2 Urychlení elektronů, programy a využití

Celý proces začíná u oscilátoru, který vytváří elektromagnetické pulzy, které se následně zesilují pomocí krystalů a zrcadel. Tento zesílený paprsek se „vystřelí“ do plazmatu. Při průletu laserového pulzu plazmatem vytlačí Lorentzova síla elektrony směrem kolmým ke směru šíření pulzu. Za pulzem se vytváří bublina (oblast bez elektronů), jejíž hranici tvoří vrstva o vysoké hustotě elektronů. Trajektorie těchto elektronů se protnou v zadní části bubliny a část elektronů je vtažena dovnitř do bubliny v důsledku silného elektrického pole, které je způsobeno rozdílem nábojů uvnitř a vně bubliny.



## Energie

Kinetická energie elektronu se počítá pomocí obecného vzorce  $E_k = \frac{1}{2} m_e v^2$ , ale tento vzorec se použije jen tehdy, když je  $v \ll c$ . Pokud se rychlost  $v$  blíží k rychlosti světla, musí se použít vzorec vyplývající ze speciální teorie relativity, který má tento tvar  $E_k = m_e c^2 (\gamma - 1)$ , kde

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

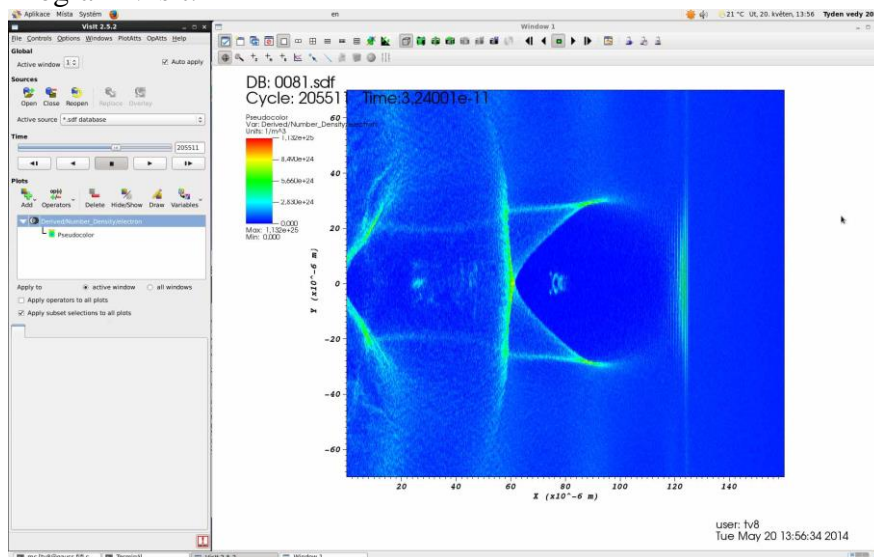
## Použití

V budoucnu by mohla tato technologie nahradit v současnosti používané elektronové urychlovače částic v oblastech výzkumu a případně v lékařství a technologii.

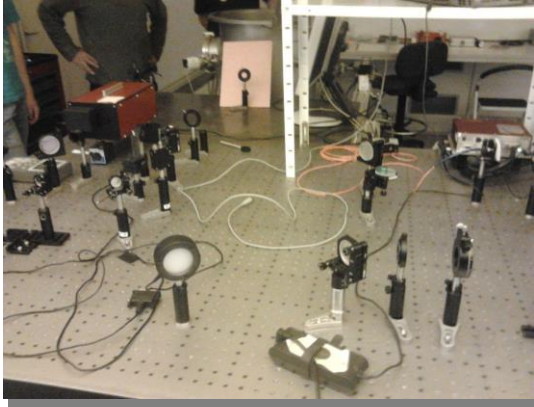
## Programy

Veškerou simulaci jsme počítali na vzdálenějších a výkonnějších počítačích tzv. superpočítačích a následně jsme si ji zobrazovali na počítačích méně výkonných. K simulaci jsme používali program Epoch a k vykreslení simulace jsme použili program Visit.

Program Visit:



Pouhá simulace nestačí k určení přesných výsledků, a proto se provádějí i laboratorní pokusy. Naskytla se nám příležitost a jednu laboratoř jsme navštívili. Zde jsou fotky z laboratoře:



## Výhody a nevýhody

Výhody urychlování částic touto metodou: ve svazku je více částic, kompaktní rozměry, cena, přesné aplikování a další. Narozdíl od těchto výhod jsou i nevýhody: impulz svazku je velmi krátký, zatím málo stabilní a energie elektronů jsou zatím menší než u urychlovačů jiného typu.

Z toho vyplývá, že laserové urychlování se zprvu vyplatí, ale ještě není tak dobré než u jiných typů urychlovačů částic.

## 3 Výsledky

Při průchodu laserového paprsku plazmatem jsme zjistili, že se za pulzem vytváří bublina, která neobsahuje elektrony. Elektrony se následně protnou v zadní části bubliny a následně je část elektronů vtahována dovnitř do bubliny. Tato bublina se vytváří s každým pulzem ale při každém pulzu se zmenšuje. Laserovým impulzem s energií 30J o délce 30fs se elektrony urychlí na energii 1GeV.

## 4 Závěr

Ze zkoumaných simulací jsme vypočetli, že elektrony je možné urychlit pomocí laserového paprsku, které se dají poté využít k dalším účelům, ale tato technologie ještě není vyvinutá, aby se mohla srovnávat s dnešními urychlovači částic.

## Poděkování

Děkujeme týdně vědy za možnost prozkoumání metody laserového urychlování částic a panu Ondřeji Klimovi za podporu a pomoc při bádání.

## Reference

J. Vyskočil: Simulace urychlování elektronů při interakci krátkých laserových impulzů s plynem, bakalářská práce FJFI ČVUT 2009.

Visit: <https://wci.llnl.gov/codes/visit/>

Epoch: <http://ccpforge.cse.rl.ac.uk/gf/project/epoch/>