

Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích

F. Komers*, K. Mudruška**- Gymnázium Dašická Pardubice

O. Havelka***- Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325

*filip.komers@email.cz

**kamil.mudrunka@tiscali.cz

***ondra10ax@centrum.cz

Abstrakt

Seznámení se zákonitostmi laseru a urychlování nabitých částic. Následná simulace impulsů laseru, který urychluje elektrony na vysoké rychlosti za pomoci jevu wakefield („brázda“), v prostředí plazmatu a s předem zvolenými parametry. Pro velmi přesné simulace jsou zapotřebí složité výpočty, k čemuž nám pomůžou superpočítače s obrovským výpočetním výkonem.

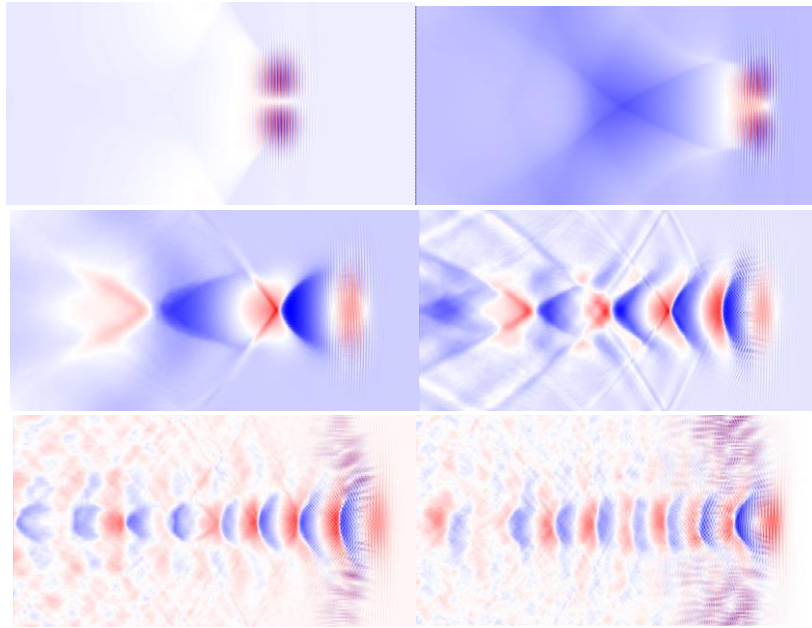
1 Úvod

Práci jsme prováděli v systému Linux v simulačním programu Epoch a vykreslovacím programu VisIt. Zkoumali jsme zde chování elektronů v plazmatu při průchodu laserového impulsu. Při tomto jevu se vytvoří těsně za impulsem bublina (oblast bez elektronů) a wakefield („brázda“), který elektrony urychlí na vysokou rychlost. Wakefield je útvar vytvořený z vrstvy o vysoké hustotě elektronů. Nejdříve se elektrony spojí za laserovým impulzem a uzavřou bublinu a následně část těchto elektronů se dostane dovnitř bubliny a dochází k jejich urychlení. Takto mohou být elektrony urychlovány na velmi vysoké energie.

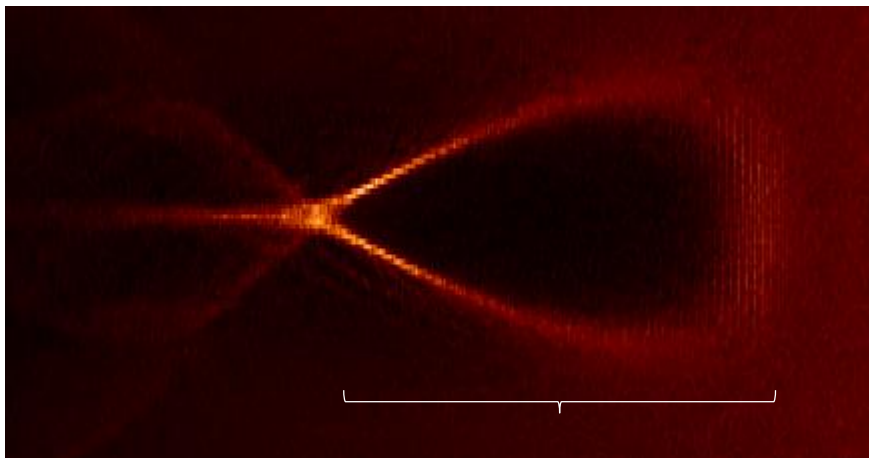
2 Simulace

Simulace probíhaly přes aktivitu MetaCentrum na superpočítači Mandos 16. V konkrétně naší simulaci jsme zkoumali 2 různé simulace ve 2D prostoru, které se lišily pouze hustotou plazmatu.

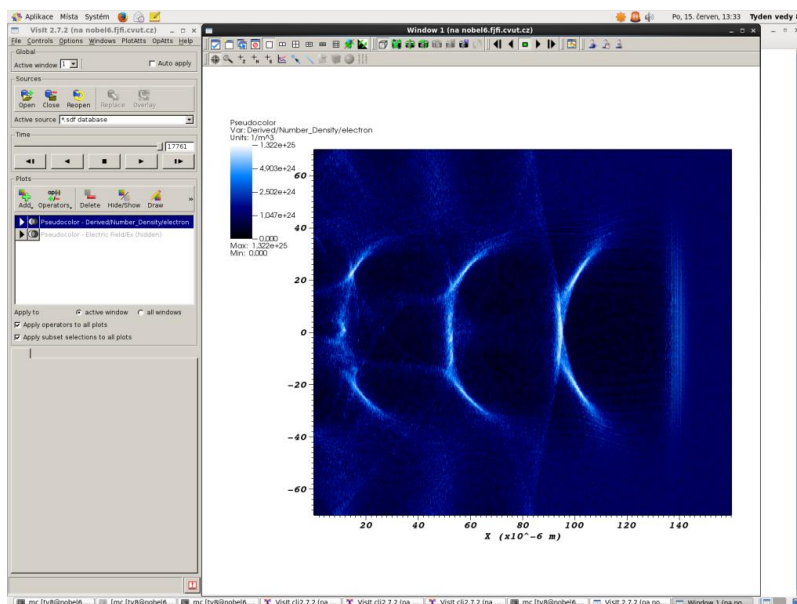
Parametry laseru:	30 fs (délka pulsu)
	30 J (energie)
	800 nm (vlnová délka)
	60 um (velikost ohniska)



Obrázek 1:
Rozložení
urychlujícího
podélného
elektrického
pole



Obrázek 2: Oblast bez
elektronů (bublina)



Obrázek 3: Ukázka z programu VisIt

3 Výsledek

V simulaci s nižší hustotou ($2 \cdot 10^{18}$ elektronů na cm^3) byla maximální energie urychlených elektronů 1,685 GeV, doba urychlování 24 ps a vzdálenost, po které se elektrony urychlovaly, byla 7,2 mm. Tato vzdálenost je výrazně menší než u jiných urychlovačů, které mají velikosti stovek metrů až několik kilometrů. V simulaci s vyšší hustotou ($3 \cdot 10^{18}$ elektronů na cm^3) byla maximální energie elektronů 1,685 GeV. Ostatní parametry jsme nemohli určit, protože ve výsledcích nebyla zřetelně viditelná struktura bubliny.

4 Závěr

Naši práci jsme prováděli ve 2D prostoru. Pro měření blízcí se skutečnosti by bylo zapotřebí výpočtů ve 3D prostoru. Tyto výpočty jsou ale příliš náročné i pro superpočítače. Pro samotné zachycení elektronu laserovým impulsem bylo zapotřebí splnění podmínky dané vzorcem:

$$\frac{\alpha P}{P_c} > \frac{1}{16} \left[\ln \left(\frac{2n_c}{3n_e} \right) - 1 \right]^3$$

5 Poděkování

Rádi bychom v první řadě poděkovali organizátorům Týdne vědy na FJFI a vedení Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za pořádání jedinečné akce.

Velké poděkování dále patří hlavnímu organizátorovi Týdne vědy na Jaderce Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., supervizorovi našeho miniprojektu doc. Ing. Ondřeji Klimovi, Ph.D. a jeho doktorandům Ing. Martinu Jirkovi a Ing. Vojtěchu Hornému.

6 Reference

- [1] MANGLES, S. P. D., G. GENOUD, M. S. BLOOM, M. BURZA, Z. NAJMUDIN, A. PERSSON, K. SVENSSON, A. G. R. THOMAS a C.-G. WAHLSTRÖM. *Self-injection threshold in self-guided laser wakefield accelerators*. *Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams* [online]. 2012, 15(1): - [cit. 2015-06-15]. DOI: 10.1103/PhysRevSTAB.15.011302. ISSN 1098-4402. Dostupné z: <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTAB.15.011302>
- [2] VYSKOČIL, J. *Simulace urychlování elektronů při interakci krátkých laserových impulzů s plynem*. Praha, 2009. Bakalářská práce. FJFI ČVUT.
- [3] SKÁLA, V., V. LAHUTA, J. HRUBEŠ, P. TÁCHA : *Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích*, FJFI ČVUT, Sborník 2014, str. 134-136
- [4] *Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích*. *Týden vědy na Jaderce* [online]. 2014 [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2014/cd/proceeds.pdf>