

Posudek na docentskou habilitační práci p. Ing. Jana Pšikala, PhD: "Simulation studies of laser driven acceleration by ultrashort laser pulses".

Předložená habilitační práce Ing. Pšikala se zabývá převážně numerickou simulací typu Particle-in-cell (PIC) kinetiky interakce ultrakrátkého laserového impulsu s terčíky za účelem generace a urychlování iontů v řadě různých experimentálních situací. Stručný úvod obsahující přehled o numerických metodách popisu bezsrážkového plazmatu zmiňující i čistě numerické aspekty použité metody PIC předchází dle mého velmi zdařilému přehledu možných scénářů interakce ultrakrátkého laserového impulsu s terčíky, při kterých dochází k urychlování iontů nebo i vytváření iontových svazků, jak to též odpovídá vhodně zvoleným experimentálním konfiguracím a režimu generace samotného laseru. Zmíněno je celkem 5 různých mechanismů běžně v literatuře označovaných pomocí zkratk: Target normal sheath acceleration (TNSA), Radiation pressure acceleration (RPA), kterýžto mechanismus dle tloušťky použitého rovinného terčíku se může projevit buď jako režim Hole boring (HB RPA) v silnějším terčíku nebo jako režim zvaný Light sail (LS RPA) u velmi tenkých terčíků, Break out afterburner (BOA), Magnetic vortex acceleration (MVA) a konečně i Coulomb explosion (CE) u velmi malých terčíků typu kapiček nebo plynových klastrů. Uvedené mechanismy jsou v práci dále fyzikálně interpretovány i komentovány, včetně vymezení fyzikálních podmínek, za kterých lze jejich existenci očekávat a i potenciální praktické využitelnosti pro generaci pokud možno kolimovaného iontového svazku. Tato stručná přehledová část práce je podle mého užitečná sama o sobě a určitě bude velmi oceňována jako pomůcka uvádějící začínající pracovníky nebo i studenty do daného oboru. Těžištěm předkládané práce je ale celkem 8 vevázaných vědeckých prací, které předkladatel ve spoluautorství publikoval v průběhu posledních 5 let v recenzovaných časopisech. Tyto publikované články vystupují v práci ve formě komentovaných příloh, což značně ulehčuje úlohu čtenáře předkládané práce. Ve většině těchto ve vázaných článků jsou hlavním výsledkem výsledky simulací pomocí 3D PIC kódu pro zvolený druh terčíku a zadané vlastnosti laserového impulsu, jen 3 poslední se vztahují přímo k provedeným konkrétním experimentům, u kterých numerické simulace prováděné předkladatelem slouží jako nezbytná pomůcka k interpretaci získaných experimentálních výsledků. Za nezajímavější bych považoval výsledky týkající se terčíků s nějakou dodatečnou strukturou doplňující běžnou rovinnou geometrii terčíků o dané tloušťce ozařované fólie. Příkladem mohou být terčíky buď ve tvaru cedníčku se soustavou paralelních dírek či terčíky pokryté na přední či zadní straně vrstvičkou nanokuliček za účelem homogenizace generovaného iontového svazku a definovanosti jeho úhlového rozdělení. Přirozeně mě též v poslední vevázané práci zaujal experiment provedený s ns jódovým laserem v badatelském centru PALS při ÚFP AVČR, kde byl jako pevný terčík použit přímo zmrzlý vodík. Tento experiment poněkud vybočuje z předchozích provedených či simulovaných experimentech s fs laserovým impulsem, protože přímé PIC modelování ns interakce nebylo vzhledem k délce impulsu provedeno. Místo toho autoři předložili výsledky hydrodynamického modelování pokročilým hydrodynamickým programem zahrnujícím předdefinování slepujících se buněk v Lagrangeově schématu a ilustrativní PIC simulaci plánovaného experimentu rovněž s pevným vodíkem jako terčíkem na budoucím fs laseru, který je součástí projektu ELI. Dle mého názoru by zde interpretace experimentu na PALS, kde se urychlování protonů přičítá TNSA mechanismu spočívajícím na existenci populace rychlých elektronů opouštějících terčík na zadní straně, mohla být vhodně doplněna simulací generace této populace v podmínkách ozařování ns impulsem přímým řešením Vlasovy rovnice pro laserovou koronu alespoň v 1D. Možná také, že jsem to přehlédl v textu posledního článku, ale nenašel jsem tam, zdali byl experiment proveden na základní vlnové délce 1,3 μm či s konverzí svazku do 3 ω , i když generace rychlých elektronů urychlujících

ionty je, samozřejmě, upřednostňována delší vlnovou délkou. Znalý čtenář se sice může dovtípit, že energie impulsu, tvar předimpulsu a další příznaky ukazují na použití svazku jódového laseru na základní frekvenci bez konverze do 3ω , ale pro běžného čtenáře by taková informace byla určitě užitečná. To je jediná námitka, která mě v souvislosti s odbornou částí předložené habilitační práce napadá. Je jasné, že každá z prací uvedených v příloze už prošla při vlastní publikaci náročným oponentním řízením a že autoři před vlastní publikací respektovali připomínky oponentů, takže vynikající vědecká úroveň přiložených prací je tímto postupem zaručena. Místo dalších připomínek bych tedy raději položil dotaz, zda dle autorova názoru se někdy najde způsob laserového urychlování iontů, který by zaručil dostatečnou monoenergetičnost spolu s kolimovatelností generovaného svazku při současném zachování dostatečné intenzity. To jsou, samozřejmě, požadavky nezbytné pro mnohé aplikace (např. v lékařství). Nemuselo by přitom nezbytně jít jen o čistě laserové urychlování, možná, že by mohla k cíli vést i kombinace laserového urychlování s klasickou urychlovací technikou, např. přímá injekce laserem generovaného iontového svazku do vhodně navrženého RFQ či podobného zařízení osvědčeného v klasických urychlovačích. To je ale jen dotaz týkající se vzdálenější budoucnosti, které se též dotýká poslední oddíl předkládané habilitační práce. Předkládaná práce na mě udělala velice dobrý dojem. Je psána dobrou angličtinou a obsahuje řadu původních výsledků ve formě již publikovaných prací v recenzovaných časopisech z nichž většina se v daném oboru považuje za vysoce prestižní. Domnívám se, že má dobrou nejen vědeckou, ale i pedagogickou úroveň. Sympatické je i zapojení studentů do jednotlivých projektů spojených s publikovanými pracemi. To všechno jsou důvody, které mě vedou k tomu, abych předkládanou práci doporučil k přijetí jako práci habilitační a přimluvil se za to, aby byla Ing. Pšikalovi po úspěšně proběhlém habilitačním řízení přiznána hodnost docent.

V Praze, 20/12 2018,

RNDr. Karel Rohlena, CSc.
Fyzikální ústav AVČR