

[EN]

PhD thesis topic:

Effects of prepulses on laser-driven ion acceleration

Supervisors:

Dr. Lorenzo Giuffrida (ELI-Beamlines, ELI ERIC)¹,

Assoc. Prof. Jan Pšikal (FNSPE, Czech Technical University in Prague)²

Abstract:

Plasma produced by high-intensity lasers can generate **quasistatic electric fields** capable of accelerating ions to **MeV energies** over micron-scale distances. In a typical experiment, a solid or liquid target is irradiated by an **ultrashort laser pulse** with an intensity that vastly exceeds the ionization threshold of any material, heating electrons to **relativistic velocities**.

One of the main challenges in using ultrashort pulses for ion acceleration is the presence of a **laser pedestal and/or short prepulses preceding the main pulse**. The **nanosecond pedestal** and **femtosecond prepulses** can **pre-ionize and even destroy thin targets** before the main pulse interacts with them. Various methods exist to reduce the intensity of these prepulses and increase the **laser pulse contrast** (the ratio of peak laser pulse intensity to prepulse intensity). However, achieving a prepulse intensity **below the ionization threshold**—which can be **ten orders of magnitude lower** than the main pulse intensity—is highly challenging. As a result, even with an **ultrahigh laser contrast**, the target may be **partially ionized and evaporated** before the main pulse, leading to the formation of **preplasma**. Additionally, **rear-side plasma (or skirt)** can develop behind the target, significantly reducing the efficiency of **laser-driven ion acceleration**.

Interpreting experimental results on ion acceleration with **finite laser pulse contrast** is particularly difficult. The **target state before the main pulse arrival** can only be measured with **limited spatial and temporal resolution**, making it insufficient for a detailed interpretation of results. **Supporting numerical simulations** can provide deeper insights, but different computational approaches are required to fully describe the interaction.

The main goal of this thesis is to **integrate experimental and theoretical efforts** to better understand laser-driven ion acceleration with finite-contrast laser pulses. In the first phase, **hydrodynamic simulations** (using the **FLASH** code) or **particle-in-cell (PIC) simulations** (using the **SMILEI** code) will be performed to study the underlying physics. For a more advanced and extensive study (e.g., a **PhD thesis**), the work will include **experimental preparation and participation** in relevant experiments.

(1) lorenzo.giuffrida@eli-beams.eu , supervisor - specialist

(2) jan.psikal@fjfi.cvut.cz , supervisor

[CZ]

Téma dizertační práce: Vliv předpulzů na laserové urychlování iontů

Školitel: doc. Ing. Jan Pšikal, Ph.D.

Školitel – specialista: Lorenzo Giuffrida, Ph.D.

Obor: Fyzikální inženýrství / Kvantové technologie

Abstrakt:

Práce se bude věnovat výzkumu urychlování iontů z terčů interagujících s velmi krátkým intenzivním laserovým pulzem. Hlavnímu ultrakrátkému laserovému pulzu předchází záření o mnohem nižší intenzitě, které však může process urychlování výrazně ovlivnit. Interpretace vlivu laserových předpulzů je však značně obtížná z důvodu nezbytného extrémně vysokého časového a prostorového rozlišení měření s tím spojených jevů při interakci, které experimentálně mnohdy není možné. Proto se využívá také numerických hydrodynamických a částicových simulací. Dizertační práce by měla zahrnovat jak experimentální, tak teoretické (prostřednictvím simulací) úsilí o lepší pochopení vlivu předpulzů na urychlování iontů.