

## Advanced methods of high harmonic generation

High harmonic generation (HHG) is a strongly nonlinear phenomenon where the interaction of a focused intense laser pulse with a gaseous target results in ultraviolet to soft X-ray radiation. The pulses created in this way copy the properties of the original laser radiation, exhibit high coherence and can be as short as tens of attoseconds ( $1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$ ). The radiation created by the generation of high harmonics is widely used, among other things, in biochemical and material sciences.

HHG in gas usually generates a whole range of harmonic frequencies, which is not suitable for applications that require quasi-monochromatic XUV radiation. In these cases, monochromatizing optical systems must be used, the efficiency of which is very low in the XUV or soft X-ray part of the spectrum. The goal of this doctoral project will therefore be to find ways to generate only a single high harmonic frequency using the quasi-phase matching method employing non-standard driving laser beams generating in a gaseous environment with significant density modulation or modulation of refractive index.

During the project, the student will deal with both theoretical calculations and simple simulations of the HHG process, as well as with the development and experimental implementation of an advanced generation scheme.

### Supervisor:

Ing. Jaroslav Nejd, Ph.D. ([Jaroslav.Nejdl@fjfi.cvut.cz](mailto:Jaroslav.Nejdl@fjfi.cvut.cz))

## Pokročilé metody generace vysokých harmonických frekvencí

Generace vysokých harmonických frekvencí (HHG) je silně nelineární jev, kdy interakce fokusovaného intenzivního laserového pulzu s plyným terčem vede ke vzniku ultrafialového až měkkého rentgenového záření. Takto vzniklé pulzy kopírují vlastnosti původního laserového záření, projevují se vysokou koherencí a mohou být krátké až desítky attosekund ( $1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$ ). Záření vzniklé generací vysokých harmonických má široké uplatnění mj. v biochemických a materiálových vědách.

Při HHG v plynu se většinou generuje celá řada harmonických frekvencí, což není vhodné pro aplikace, které vyžadují kvazi-monochromatické XUV záření. V těchto případech se musí použít monochmatizující optické systémy, jejichž účinnost je v XUV nebo měkké rentgenové části spektra velmi nízká. Cílem tohoto doktorského projektu proto bude hledání způsobů generace pouze jediné vysoké harmonické frekvence použitím metody kvazi-synchronizace fází využívající nestandardní budící laserové svazky a generující plynné prostředí s výraznou hustotní modulací nebo se silnou modulací indexu lomu.

Student se během řešení projektu bude zabývat jak teoretickými výpočty a jednoduchými simulacemi procesu generace vysokých harmonických frekvencí, tak i vývojem a experimentální realizací pokročilého schématu generace.

### Vedoucí práce:

Ing. Jaroslav Nejd, Ph.D. ([Jaroslav.Nejdl@fjfi.cvut.cz](mailto:Jaroslav.Nejdl@fjfi.cvut.cz))