

Studentská vědecká konference, Mariánská 2014



Urychlování částic laserem



beamlines



Jan Prokůpek

Obsah

- Intro
- Badatelské centrum ELI Beamlines ve zkratce
- Urychlování částic laserem
 - ❖ urychlování elektronů
 - ❖ urychlování iontů
- Výzvy roku 2014
- Motivace

Intro

2006

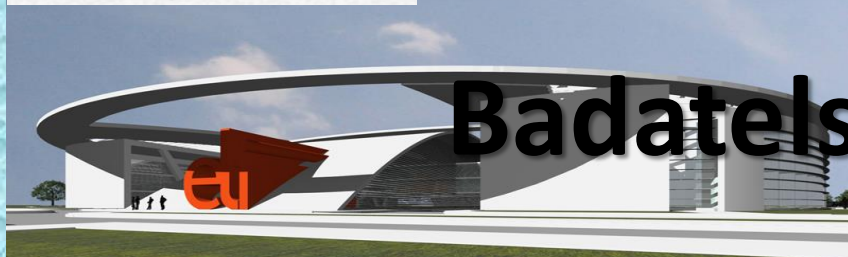
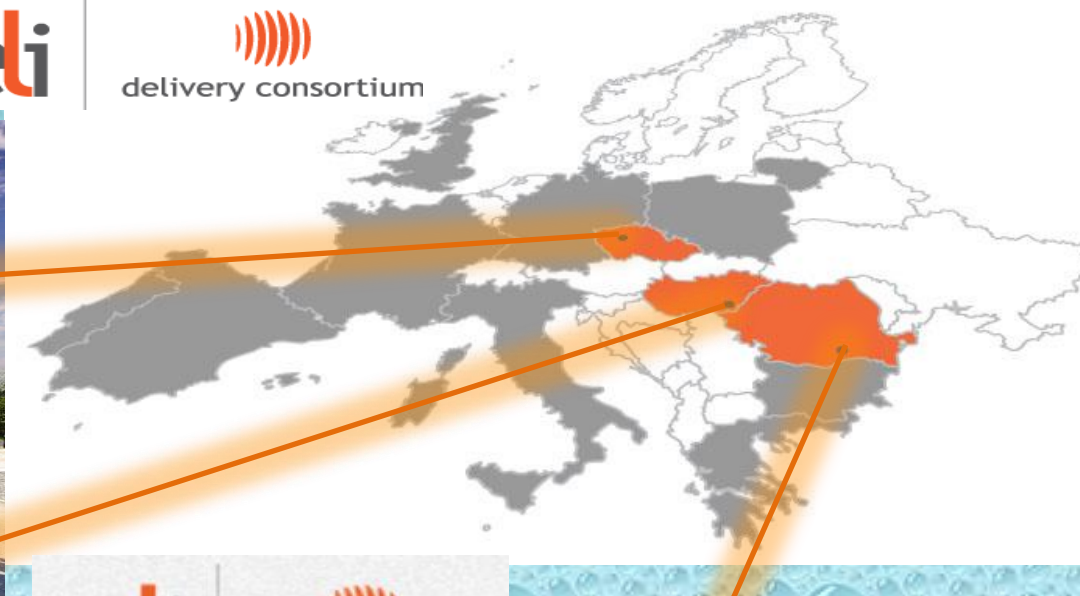
- počátek studia na FJFI

2009

- úvazek na FZÚ AV ČR, v. v. i.
- částečná práce na ELI

2012

- absolvent FJFI – zaměření FTTF
- počátek doktorského studia na FJFI – KFE
- vědecko-inženýrská práce na ELI
- úvazek na ÚFP AV ČR, v. v. i. – PALS

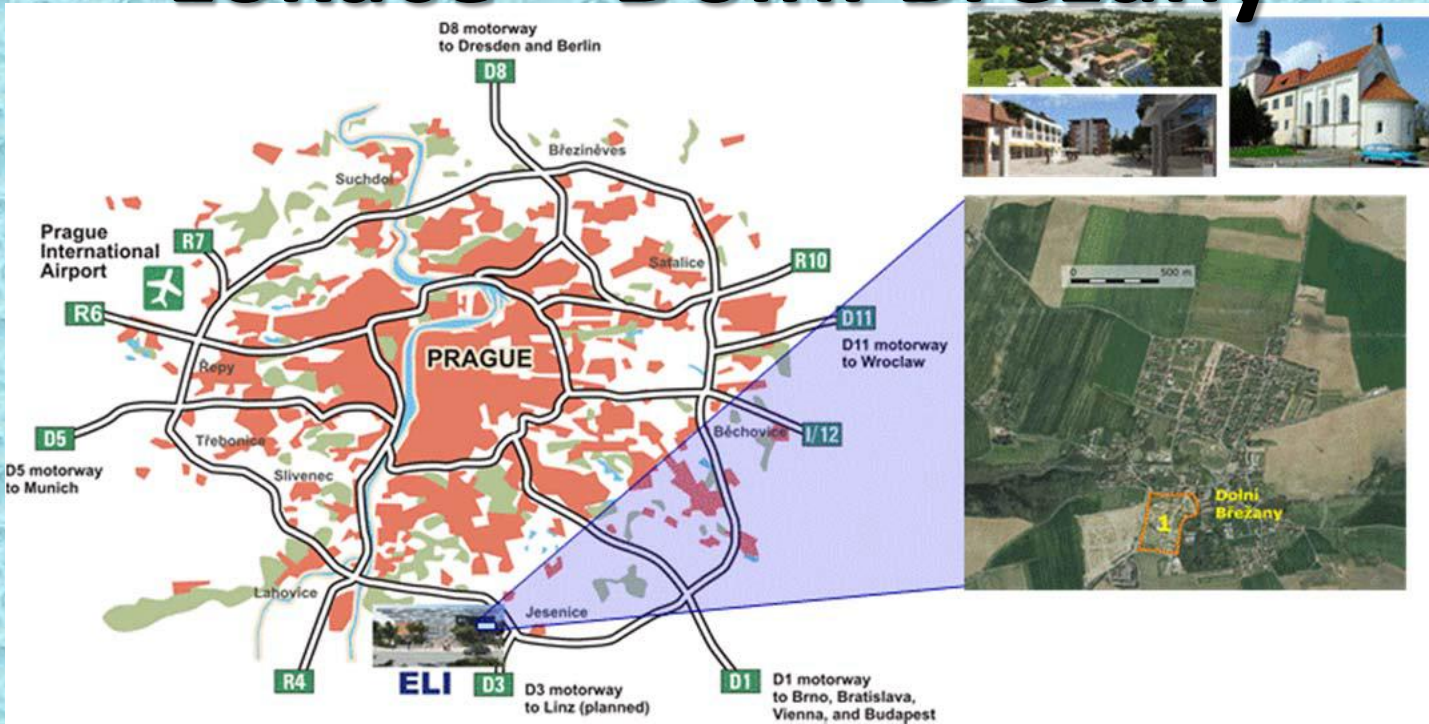


Badatelská centra ELI



Badatelské centrum ELI Beamlines

Lokace – Dolní Břežany





2013-01-17 10:07:30 HILASE





Nyní

pohled
HILASE



Nyní

pohled
od 104



Nyní

pohled
ze sila
směr
HILASE



Nyní

pohled
ze sila
směr
hřiště

Konec roku 2015?









Výzkum na ELI

Laser 1: Laser (aktivní médium – tenké disky), 870 nm, 200 mJ, 20 fs, 10 TW, 1 kHz

Laser 2: 800 nm, 2 J, 15 fs, 130 TW, 10 Hz

Laser 3: 800 nm, 50 J, 20 fs, 2.5 PW, 10 Hz

Laser 4: 1053 nm, 1.2 kJ, 120 fs, 10 PW, 1/min;

Experimentální místnosti

E1: Aplikace v molekulárních, biomedicínských a materiálových vědách

E2: Rentgenové zdroje čerpané ultrakrátkými (20-30 fs) laserovými impulzy

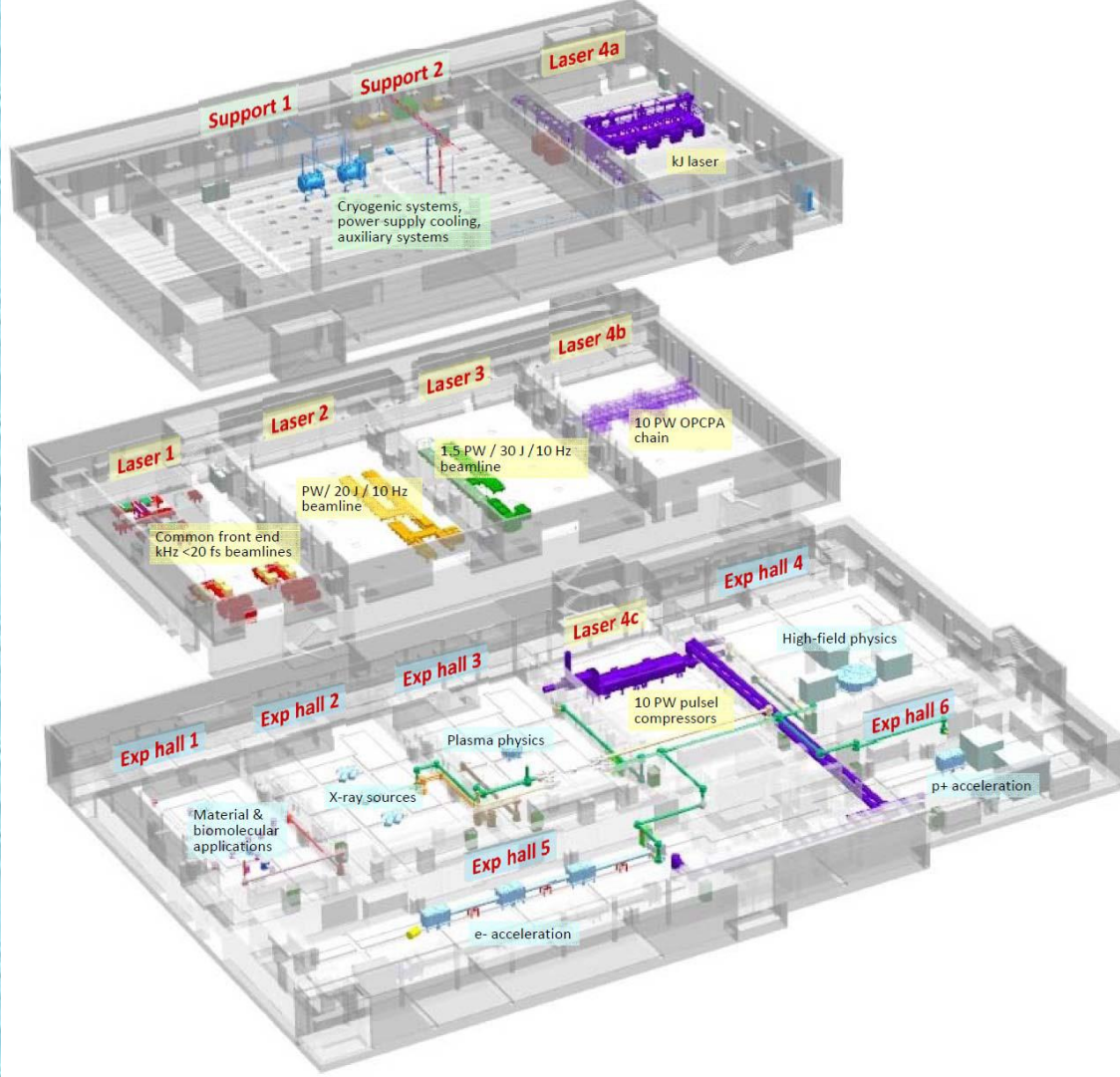
E3: Generace laserového plazmatu a studium fyziky vysokých hustot energií

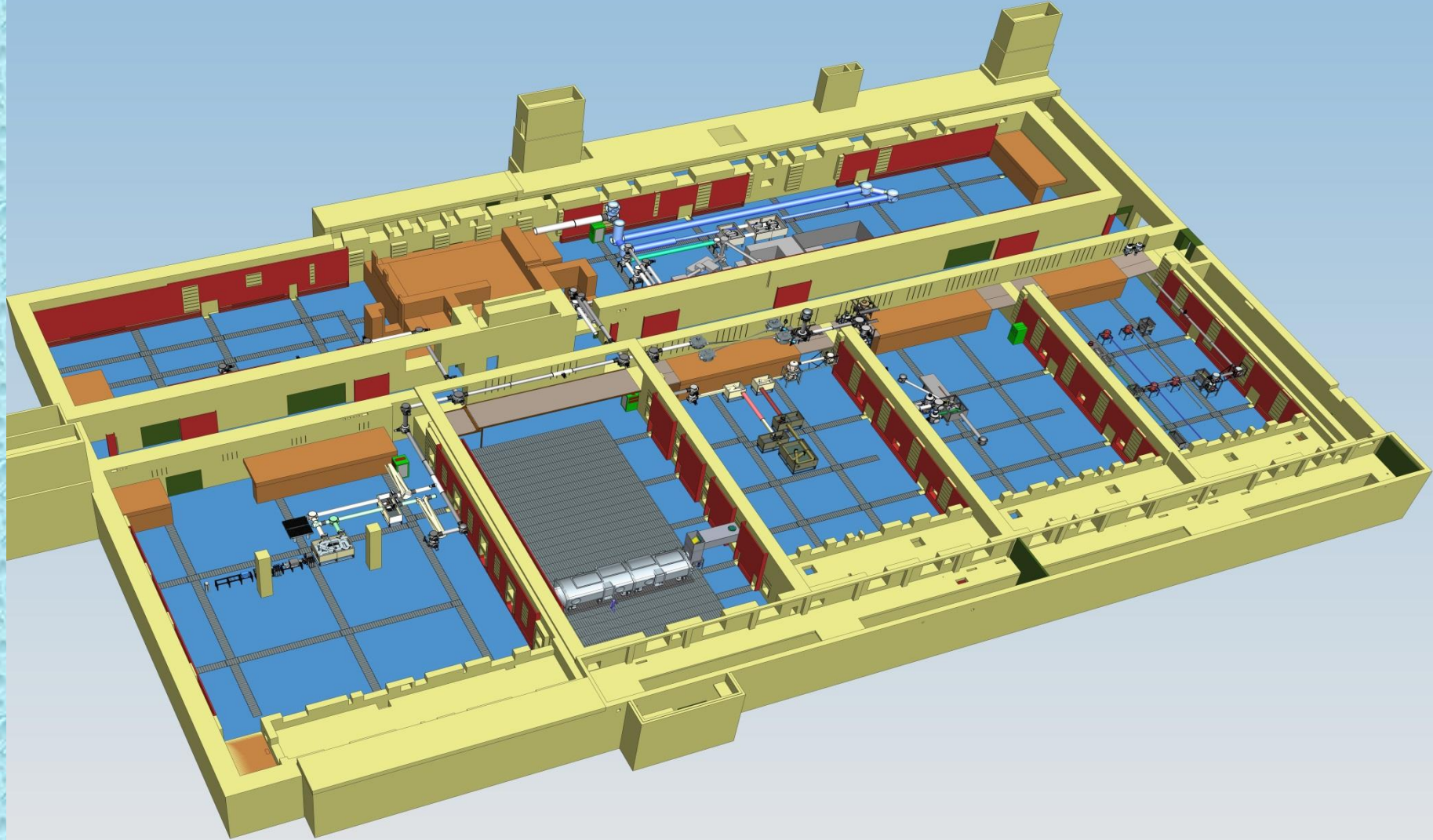
E4: Fyzika vysokých energií polí (exotická fyzika) – v současné době zrušena

Urychlování iontů pro multidisciplinární aplikace – ELIMAIA

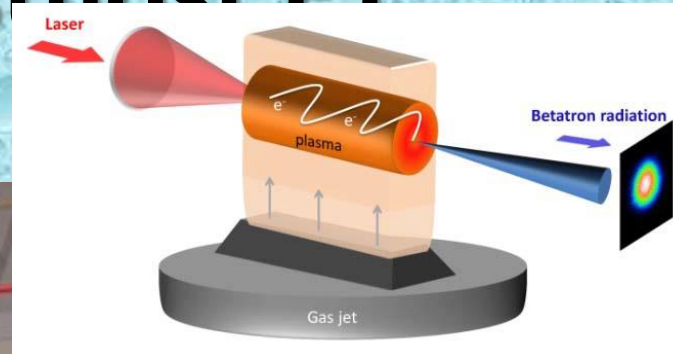
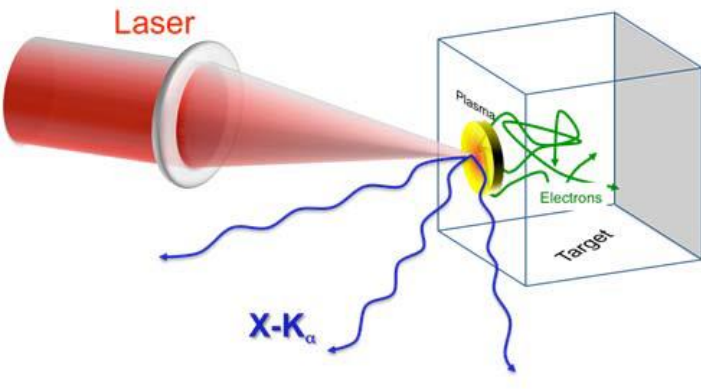
E5: Urychlování elektronů laserem a jejich aplikace

E6: v současné době prázdná





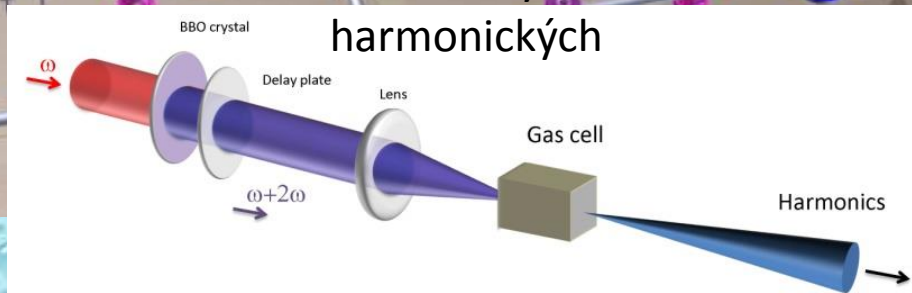
Experimentální místnost E1



Plazmové
zdroje

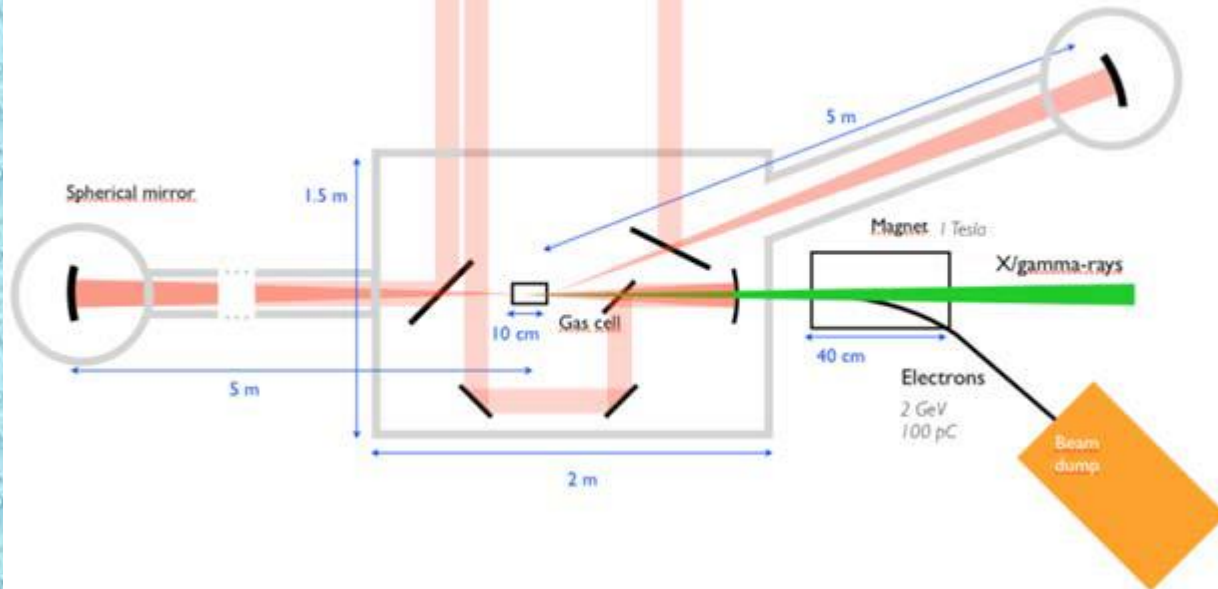
Betatronový/Comptonovský
zdroj záření

Generace vyšších
harmonických



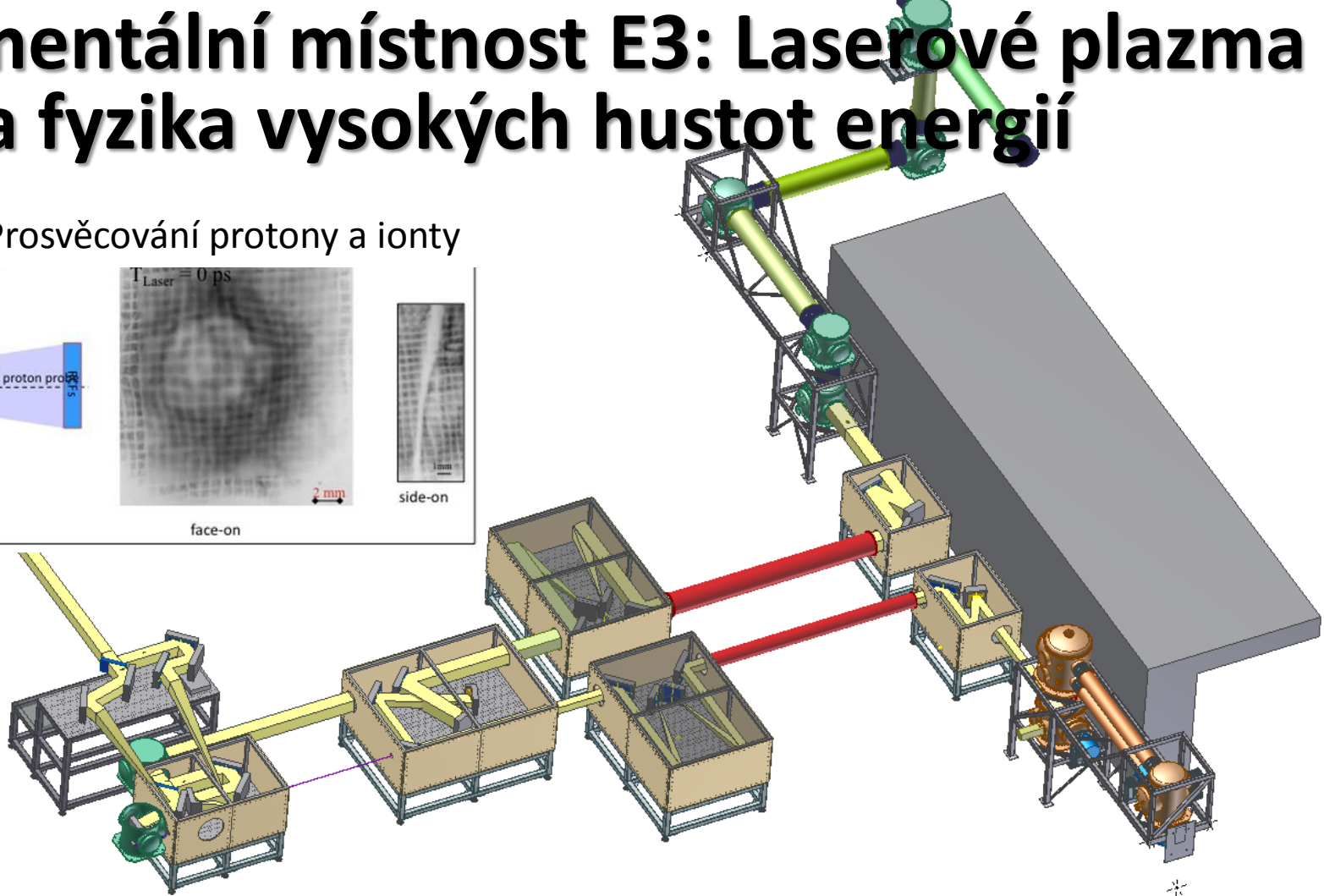
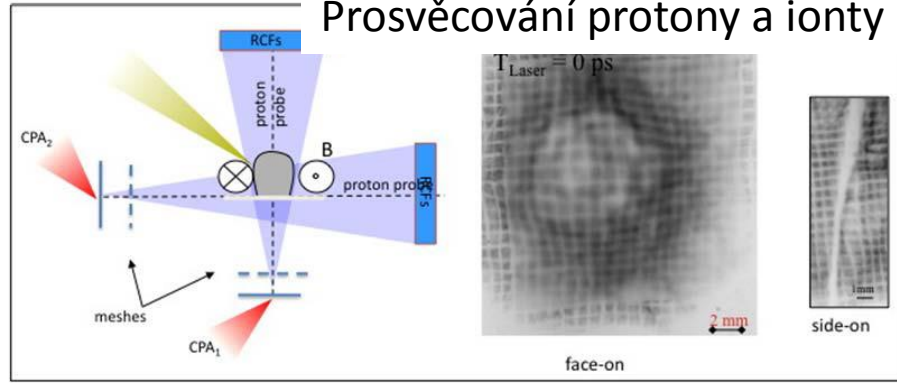
Experimentální místnost E2: Zdroje rtg. záření 10 Hz lasery

Produkce tvrdých rentgenů a gama svazků



Experimentální místnost E3: Laserové plazma a fyzika vysokých hustot energií

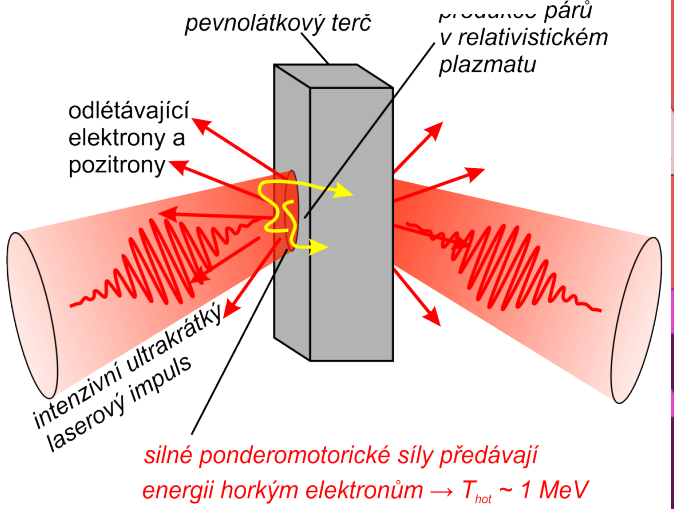
Prosvěcování protony a ionty



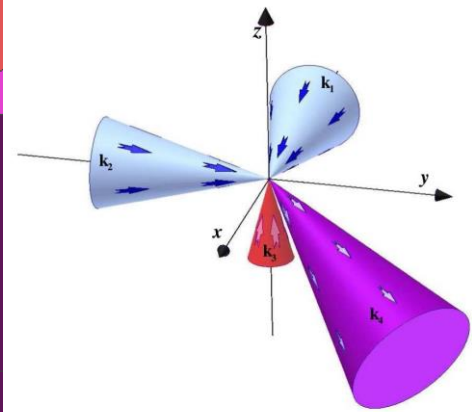
Experimentální místnost E4: Fyzika vysokých energií polí (exotická fyzika)

Hledání axionů

Produkce elektron
pozitronových párů



Čtyřlínové směšování



Experimentální místnost E4: Urychlování iontů pro multidisciplinární aplikace – ELIMAIA



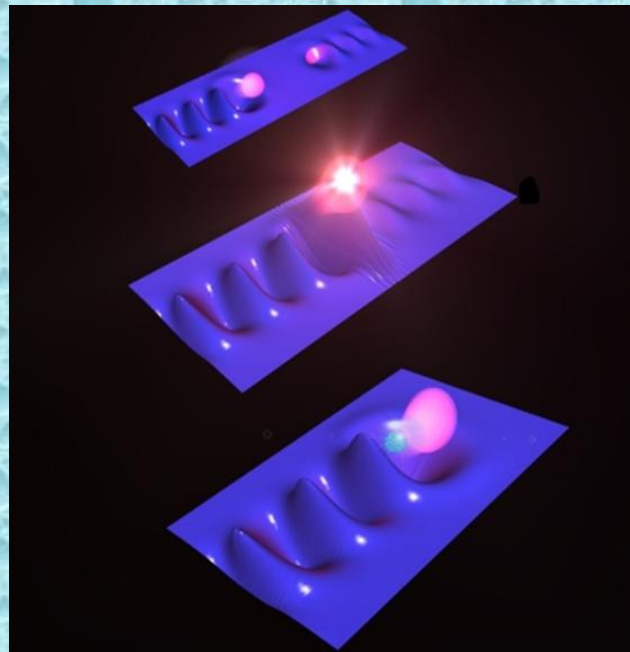
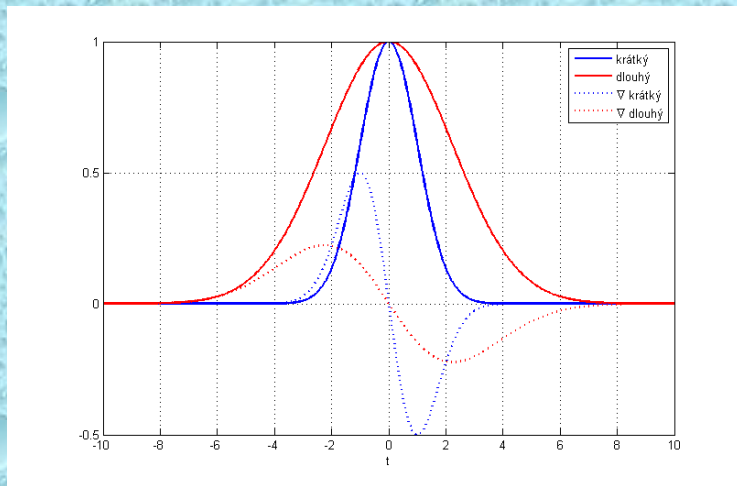
Experimentální místnost E5: Urychlování elektronů a jejich aplikace



Urychlování částic laserem

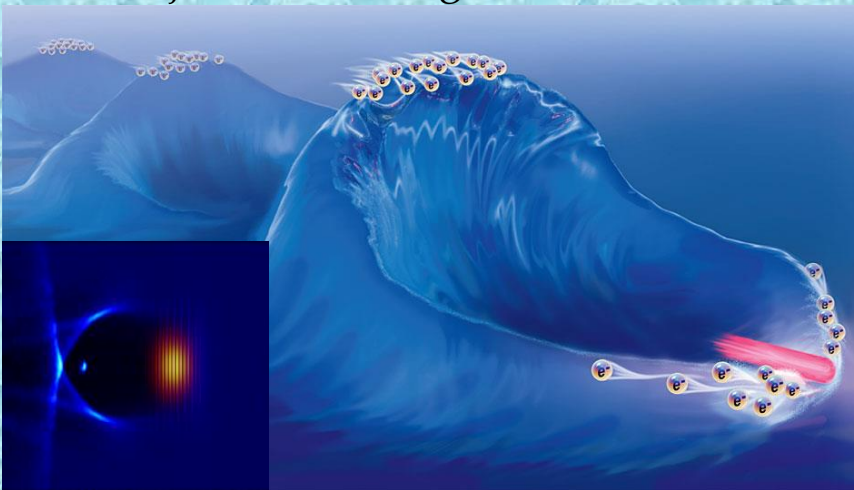
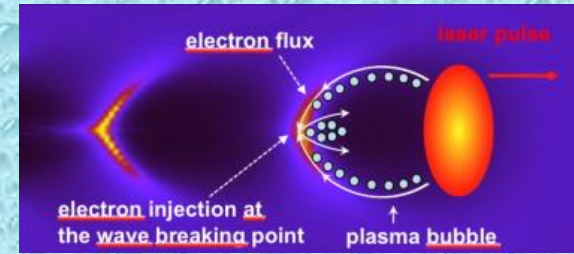
LASEROVÉ URYCHLOVAČE ČÁSTIC

- obrovské urychlovací pole laseru: TV/m (stolní, velikost haly)
- příčné elektrické pole (nevhodné k urychlování) → nutnost transformace do podélného pole (v plazmatu)
- ponderomotorická síla - úměrná gradientu intenzity (velmi krátké impulzy mají větší gradient než dlouhé impulzy)
- nenastává poškození materiálu (plazma)
- urychlování plazmovou vlnou: elektrony
- urychlování tlakem záření: ionty, protony
- urychlování horkými elektrony: ionty, protony



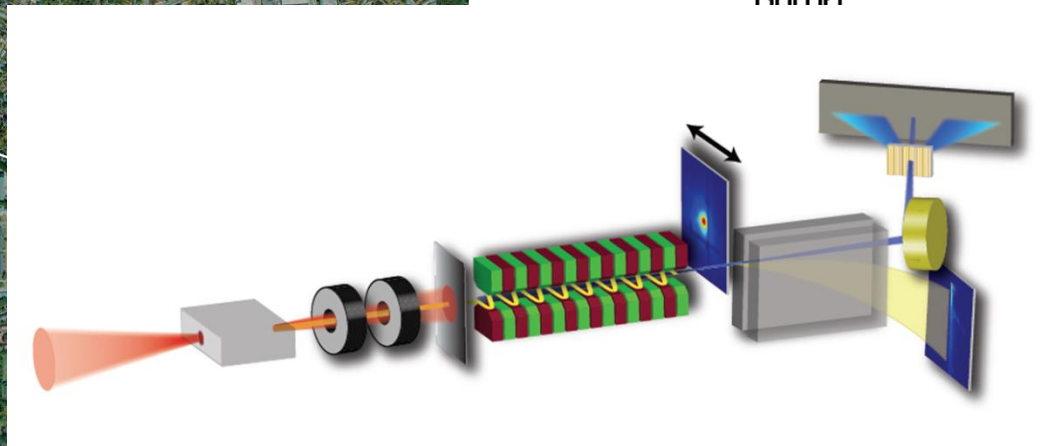
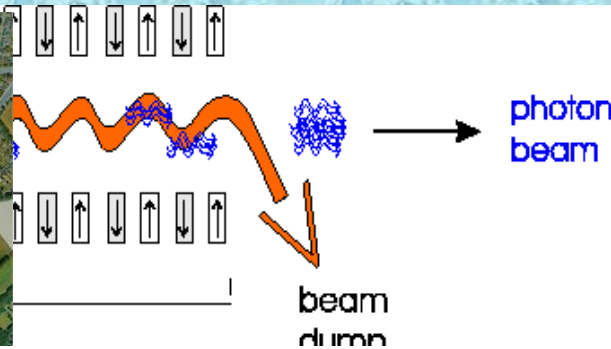
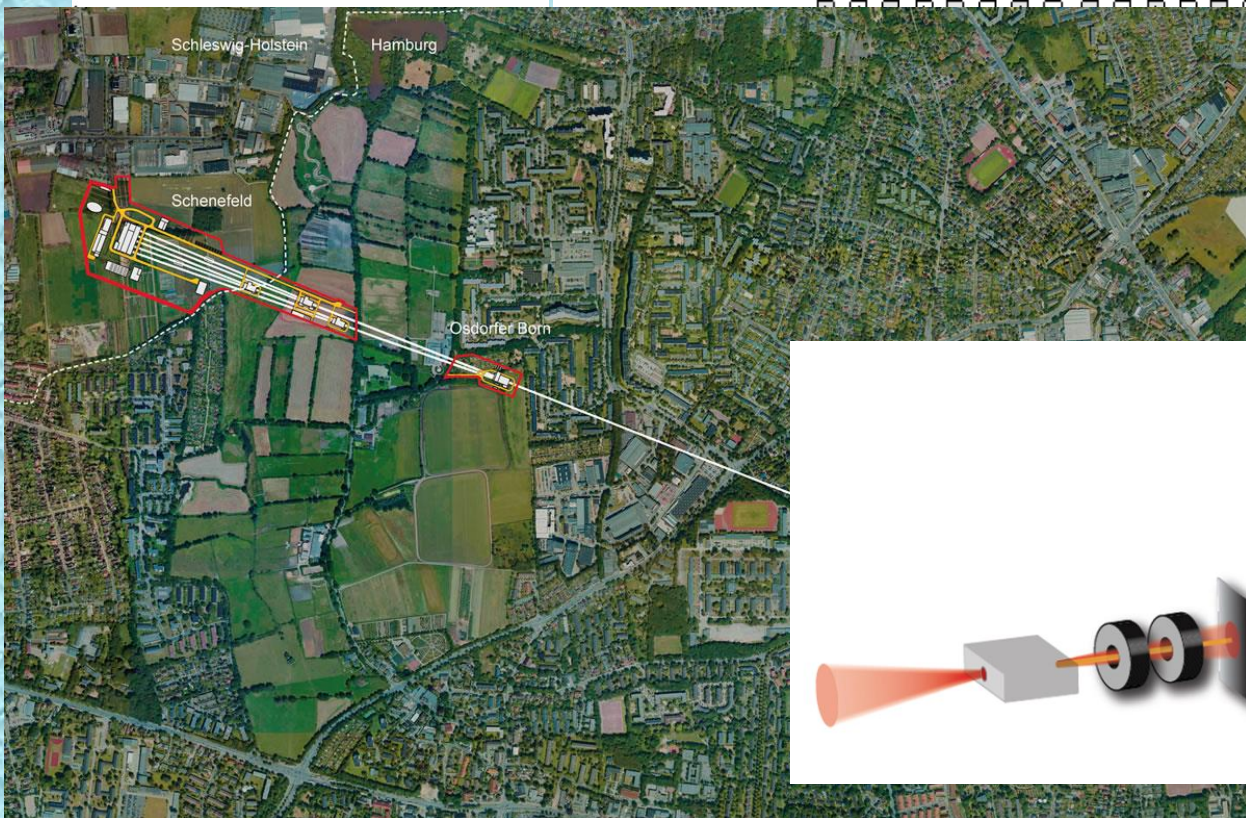
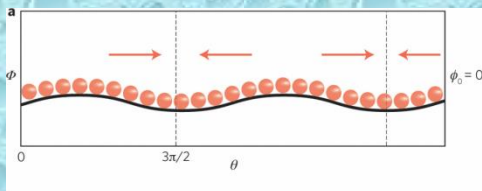
URYCHLOVÁNÍ ELEKTRONŮ LASEREM

- ponderomotorická síla laseru vytlačuje elektrony od osy propagace
- vzniká plazmová vlna (bublina)
- injekce elektronů (nejjednodušší mechanismus: lámání vlny)
- femtosekundové elektronové svazky (fs mikroskopie, radiolýza)
- vysoký špičkový proud elektronů
- omezení: elektrony se stanou rychlejší než laser
- zdroj záření: RTG, gama, THz

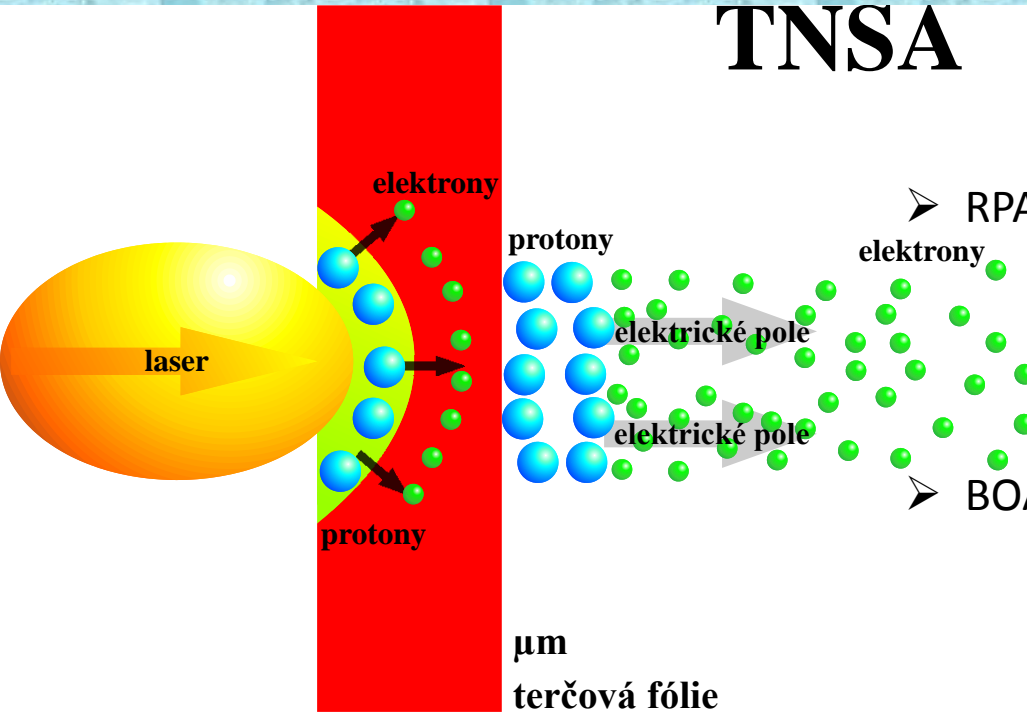


GPU: 3	GPU: 7	GPU: 11
GPU: 2	GPU: 6	GPU: 10
GPU: 1	GPU: 5	GPU: 9
GPU: 0	GPU: 4	GPU: 8

LASER NA VOLNÝCH ELEKTRONECH



URYCHLOVÁNÍ IONTŮ LASEREM



➤ TNSA (kolmé urychlování z povrchu)

- ❖ urychlování z povrchu fólie
- ❖ lineárně polarizovaný laser
- ❖ vytváří se horké elektrony

➤ RPA (urychlování tlakem záření)

- ❖ urychlování ponderomotorickou silou
- ❖ vysoké výkony laseru + kvalita svazku
- ❖ chladné elektrony
- ❖ monoenergetické ionty (teoreticky)

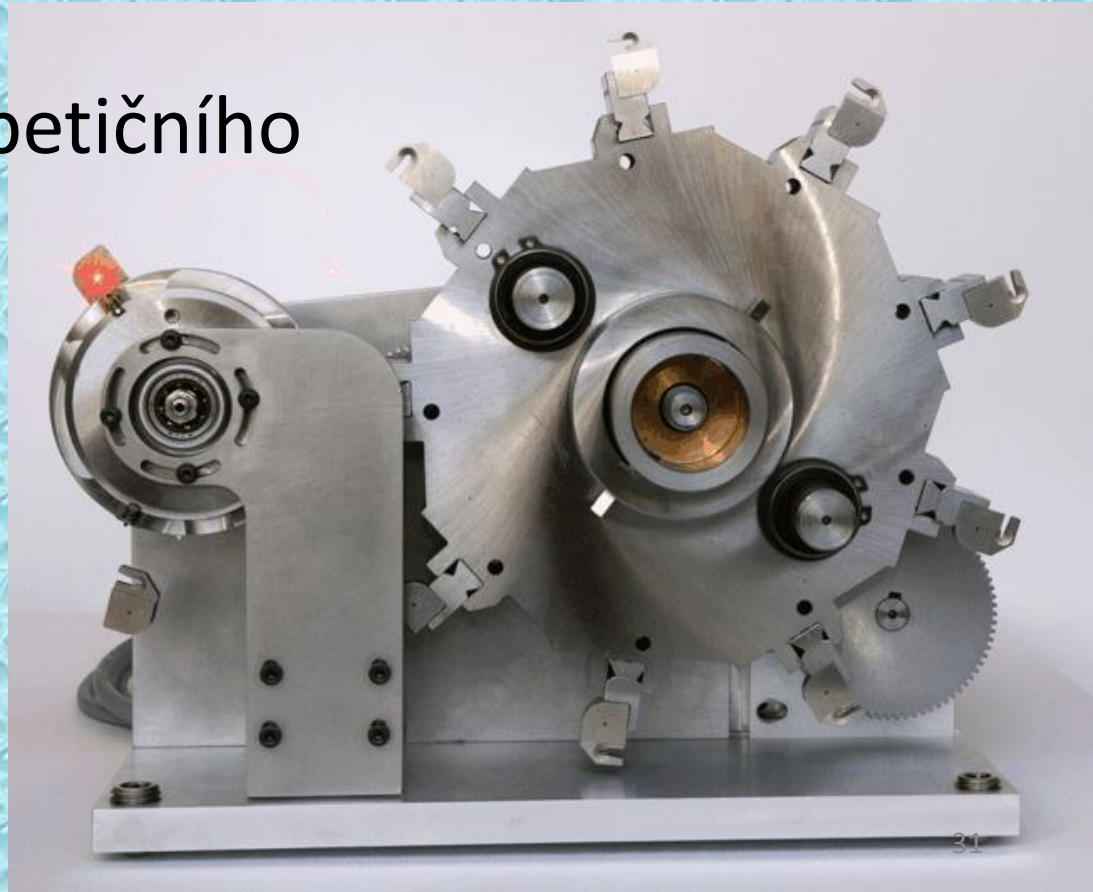
➤ BOA (průraz po vyhoření fólie)

- ❖ urychlování iontů z vnitřku tenké fólie
- ❖ mezi TNSA a RPA
- ❖ kvalitnější svazky než TNSA

Výzvy roku 2014

Sazeč terčů

- výzkum a vývoj repetičního sazeče terčů
- projektování, prototypování, patent



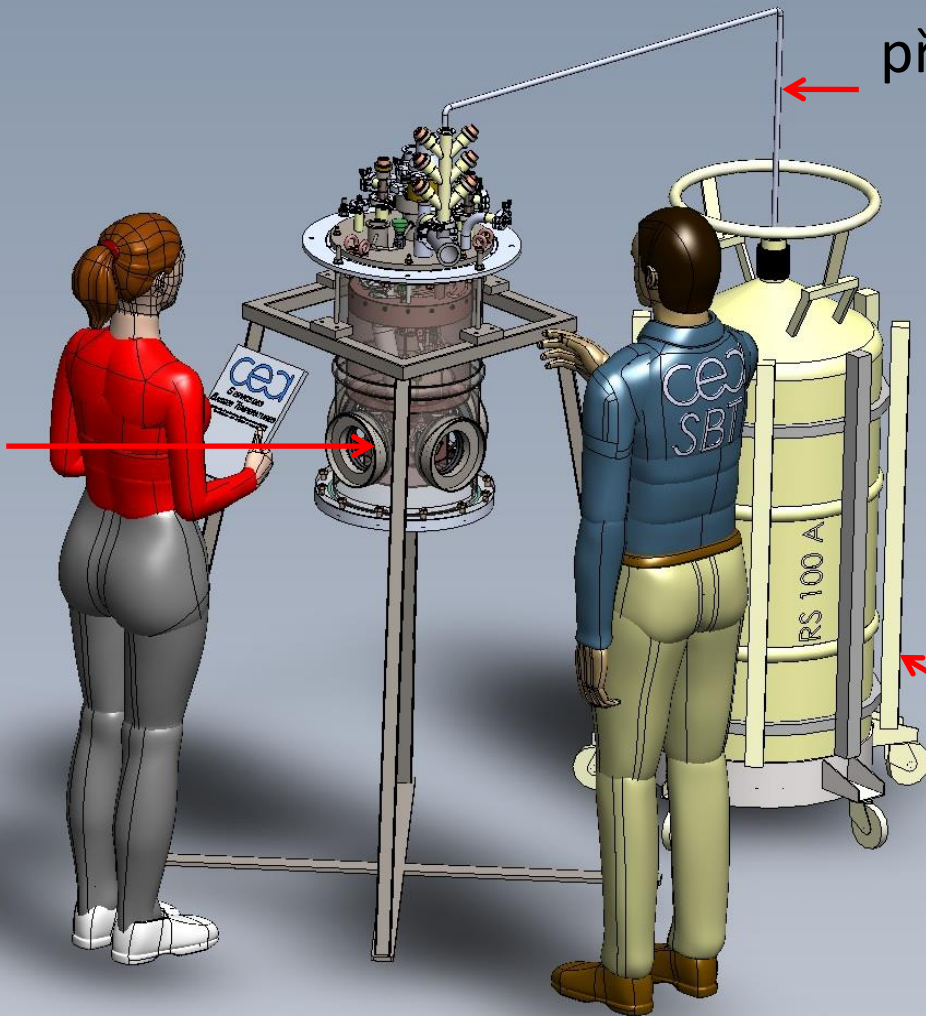
Pevnolátkový vodík

- pevnolátkový vodík jako terč
- první experiment tohoto druhu na PALSu



Kryostat

kryostat s vakuovou komorou a okny



přenos tekutého helia

heliová nádrž
cca 100 l

Možné zapojení na PALSu

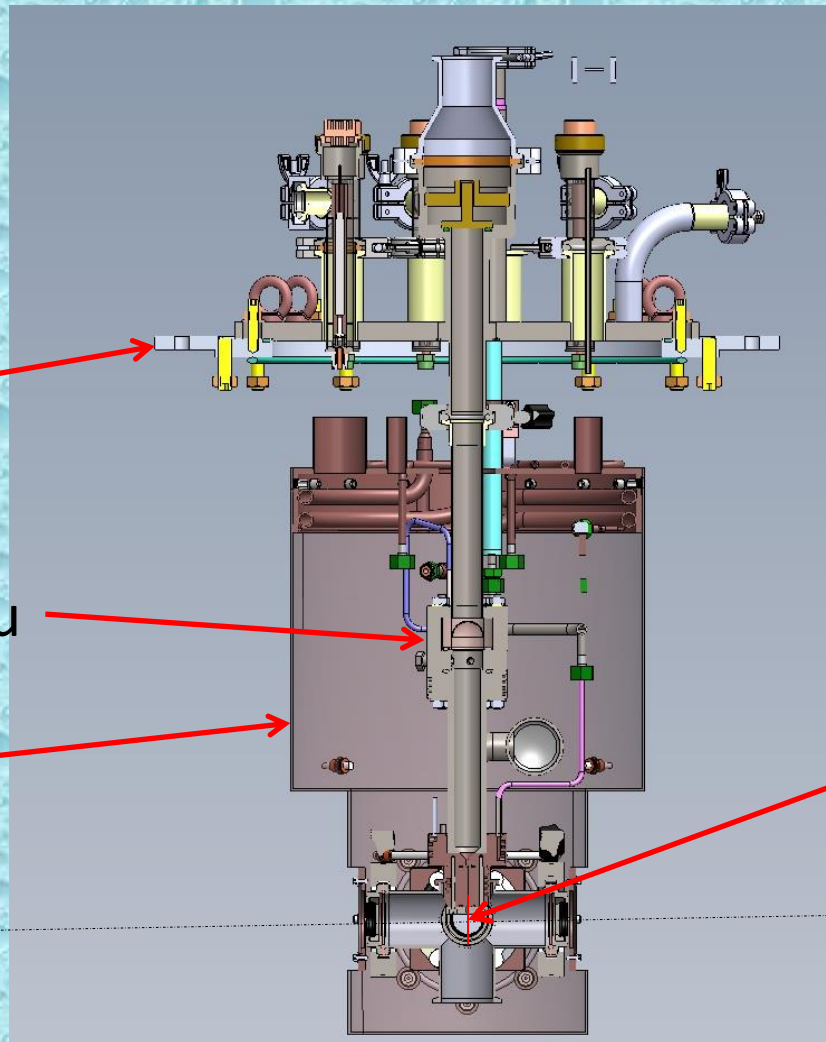
vakuová komora
na PALSu

kondenzace vodíku

termální stínění

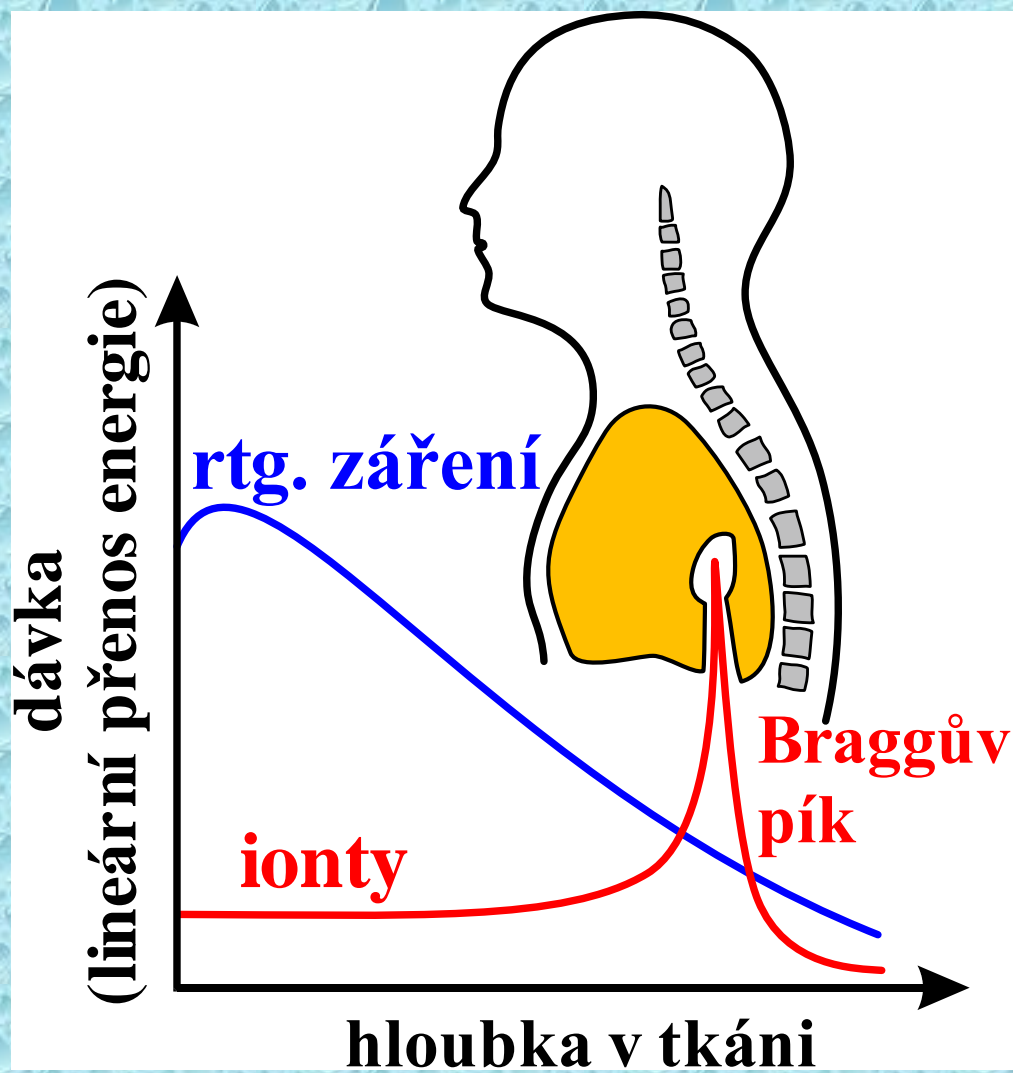
Osa
laserového
svazku

pevnolátkový
vodíkový terč

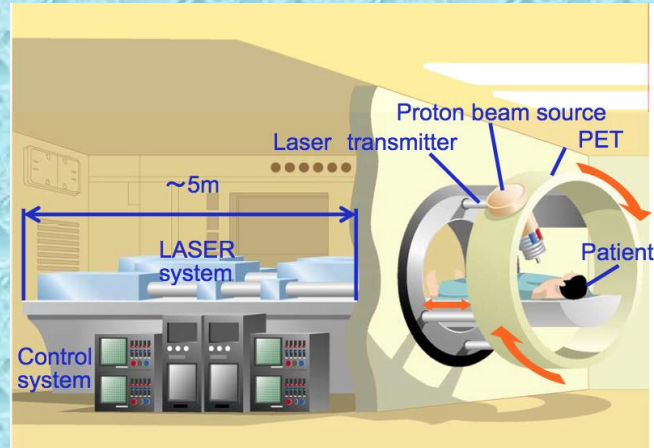
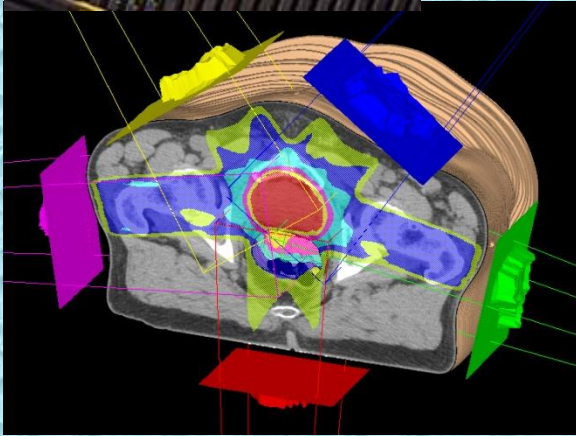


Motivace

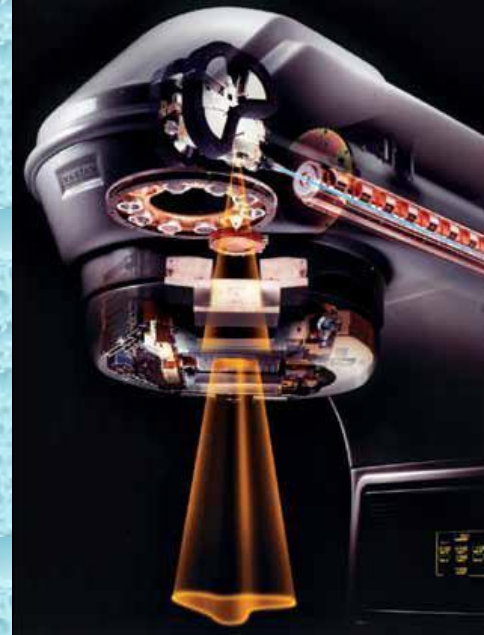
Laserem řízená hadronová terapie



Dozimetrie a radiobiologie



S. V. Bulanov & V. S. Khoroshkov, Feasibility of Using Laser Ion Accelerators in Proton Therapy, Plasma Phys. Rep. 28, 453 (2002)



Nábor studentů

- Možná vedení bakalářských prací
- Možná vedení magisterských prací
- Možnost doktorského studia (FJFI) a vedení disertace zahraničními experty
- Spolupráce se zahraničními institucemi (DESY Hamburg, APRI Korea, Berkeley USA, aj.)
- Kontaktní osoba Daniele Margarone – margaron@fzu.cz

Studentská vědecká konference,
Mariánská 2014

Děkuji za pozornost!

Laser Gen (CZ.1.07/2.3.00/20.0087)