

FUSION EXPO

FJFI ČVUT PRAHA, 11.-22.6.2007

PŘEDNÁŠKY Z APLIKOVANÝCH VĚD

**INERCIÁLNÍ FÚZE
A LABORATORNÍ ASTROFYZIKA**

**L. Drška
KFE FJFI ČVUT**

**Pondělí 18.6.2007 17.00
FJFI Břehová 7, Praha 1, místnost 115**

Pozvánka na přednášku

Zajímám se o budoucnost, protože předpokládám,
že tam strávím několik příštích let

Neznámý autor

Několik vybraných snímků

Struktura přednášky

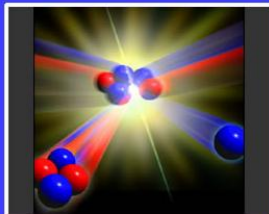
Fyzika vysokých
hustot energie (FVHE)

Zařízení pro studium
/ aplikaci FVHE

Nukleární fúze s
inerciálním udržením

Laboratorní a
počítačová astrofyzika

Fyzika nukleareaktivního
plazmatu





Funkční inerciální fúze před půl stoletím
a dnes ...



Ivy Mike 31.11.1952
Enewetak Atoll 10.4 Mt

Síla výbuchu
 $4,3 \times 10^{13}$ Joulů



JADERNÁ HLAVICE W76
TNT ekvivalent 100 kilotun

Síla výbuchu
 $4,2 \times 10^{11}$ Joulů

Hlavice instalovány na raketách UGM-133A
Trident II D5 SLBM, až 8 hlavíc na nosič.
Počet aktivních hlavíc 3030.

HDM : Systémy s vysokou hustotou energie

Standardně užívaná definice HDM NAS/NRC (2003). V předběžné verzi zprávy NRC Plasma Physics (2007) se navrhuje prahová hodnota 10^{11} J/m^3 , odpovídající hustotě pevné látky při teplotě 1 eV (~10 000 K).

ITER (2nkT)
 $2.6 \times 10^9 \text{ J/m}^3$

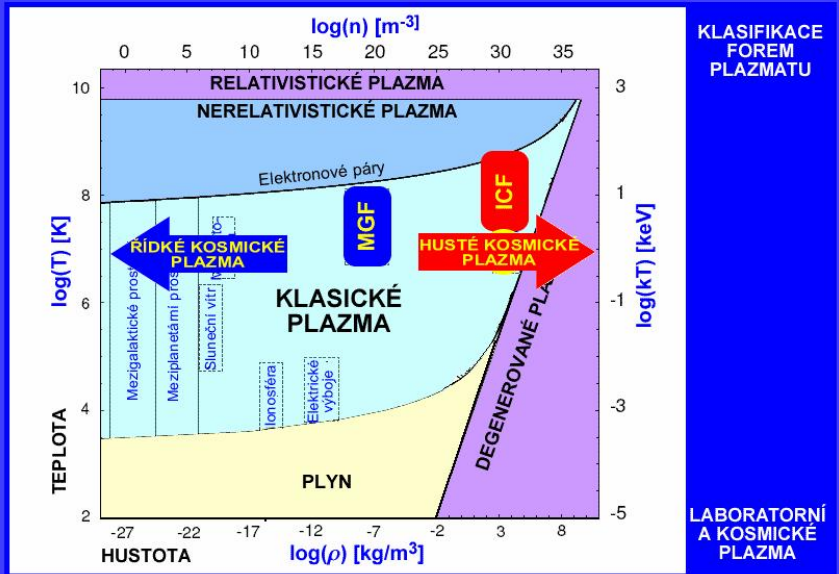
SEMTEX 1A
 $7.2 \times 10^9 \text{ J/m}^3$

HUSTOTA ENERGIE > 10^{11} J/m^3

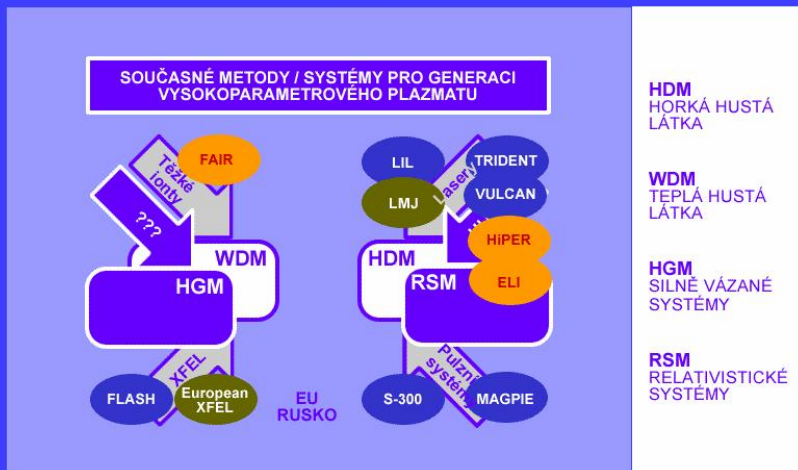
| | | |
|---|---|---|
| <p>Tlak</p> <p>$10^{11} \text{ Pa} = 1 \text{ Mb}$</p> | <p>Hustota toku laserového záření</p> <p>$3 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$</p> | <p>Teplota záření černého tělesa</p> <p>$4 \times 10^2 \text{ eV}$</p> |
| <p>Intenzita elektrického pole</p> <p>$1.5 \times 10^{11} \text{ V/m}$</p> | <p>Intenzita magnetického pole</p> <p>$5 \times 10^2 \text{ T}$</p> | <p>Hustota plazmatu při teplotě 1 keV</p> <p>$6 \times 10^{26} \text{ m}^{-3}$</p> |

1 eV = 11 650 K

Plazma v laboratoři a ve vesmíru : MCF a ICF

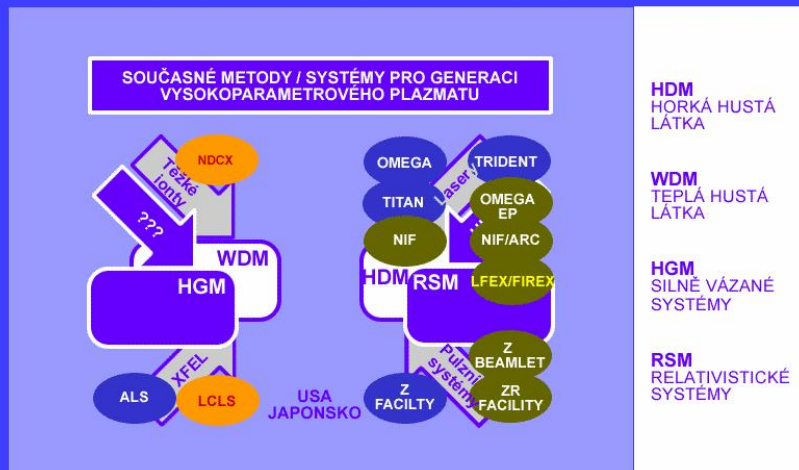


Některé systémy pro realizaci extrémních stavů látky 1



Zařízení pro studium / aplikaci FVHE

Některé systémy pro realizaci extrémních stavů látky 2



CESTA : Laserové systémy LIL a LMJ / Projekt HiPER

Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine

LIL

Testovací systém o energii 60 kilojoulů
V provozu

LMJ

60 klastrů po 30 kilojoulech
V každém klastru 4 svazky
Celková energie 1,8 Megajoulů
Dokončení v roce 2010

LASEROVÝ SYSTÉM LMJ

LASEROVÝ SYSTÉM LIL

LIL

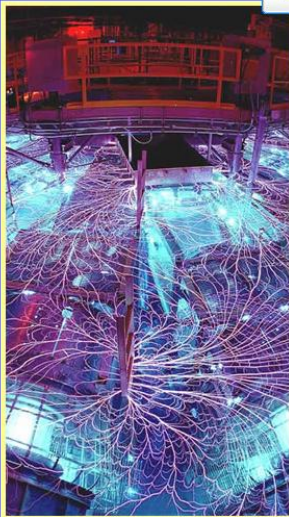
LASEROVÝ SYSTÉM HiPER

HiPER

Evropský projekt
Subsystém 1 (ns pulzy): 200 kJ
Subsystém 2 (10-20 ps): 70 kJ

SNL : Pulzní zařízení Z (Z - pinch)

Sandia National Laboratory



SNL : PULZNÍ SYSTÉM Z

SYSTÉM Z : NĚKTERÁ FAKTA

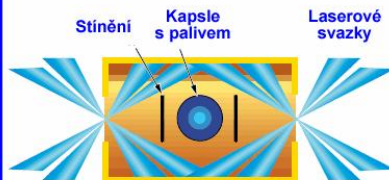
Výkon systému (2007) 350 TW. Proud až 20 MA. Výtěžek rtg záření 2,7 MJ. Účinnost konverze 10 - 15 %. Dosažena iontová teplota (2006) 2×10^9 K. Urychlení makroskopického projektilu na rychlost 34 km/s.

Základní koncepce inerciální fúze

TERČ PRO PŘÍMÉ ZAPÁLENÍ

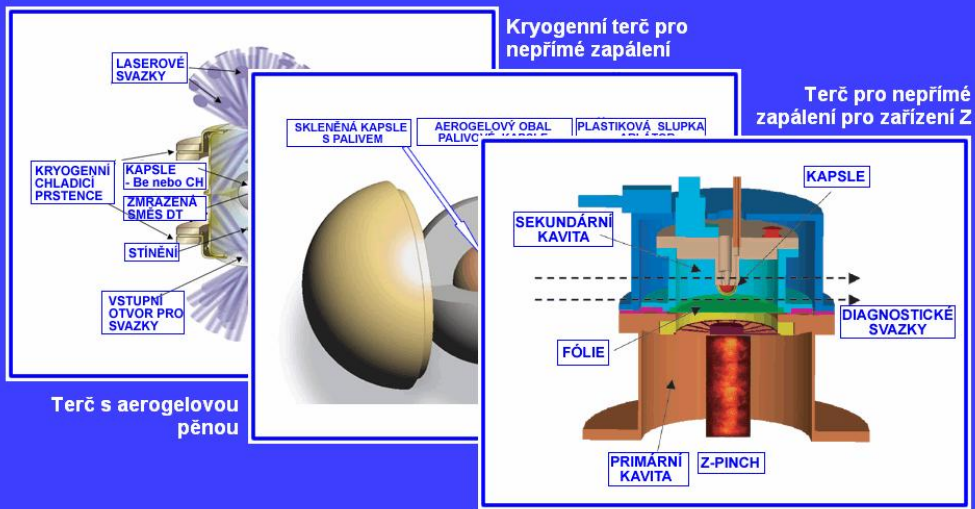


TERČ PRO NEPŘÍMÉ ZAPÁLENÍ

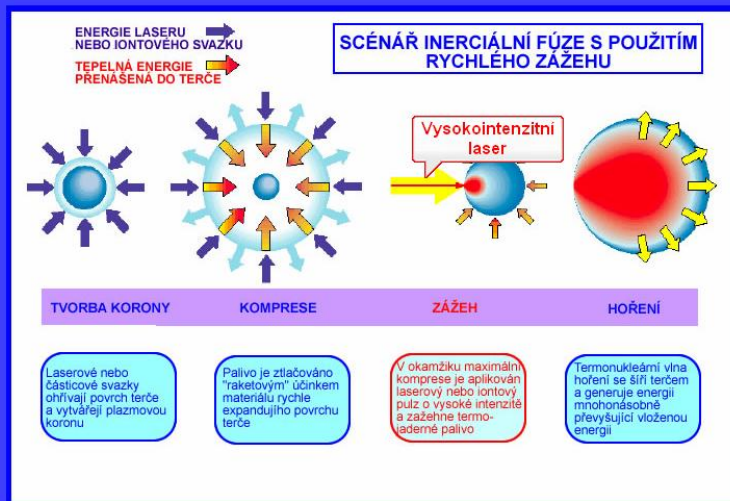


Nukleární fúze s inerciálním udržením

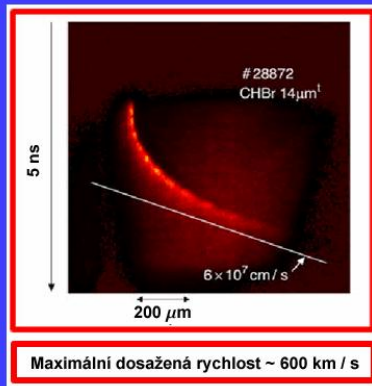
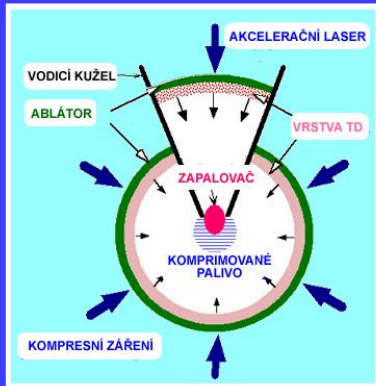
Sofistikované terče pro inerciální fúzi



Možná cesta pro ICF 1 : Rychlý zážeh



Možná cesta pro ICF 2 : Impaktní fúze



Aplikace FVHE v astrofyzice



Laboratorní a
počítačová astrofyzika

SOUČASNÉ STUDIE V LABORATORNÍ ASTROFYZICE

- o Hydrodynamické nestability a turbulence
- o Rázové vlny a plazmové / radiční výtrysky
- o Atomová fyzika hustého plazmatu
- o Stavová rovnice v extrémních podmínkách
- o Absorpční koeficienty hvězdné látky
- o Radiční a tepelný transport v plazmatu
- o Plazma ionizované rentgenovým zářením
- o Generace supersilných magnetických polí
- o Supernovy a následný vývoj po explozi
- o Laboratorní jaderná astrofyzika

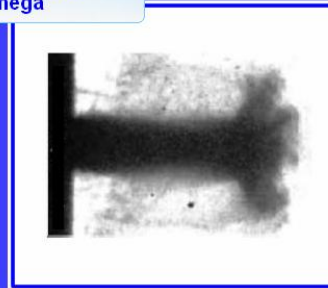
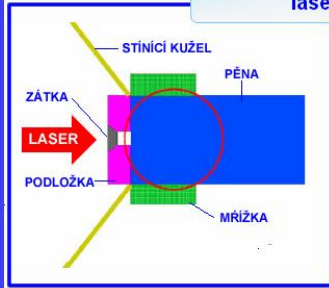
Rázové vlny a plazmové / radiační výtrysky

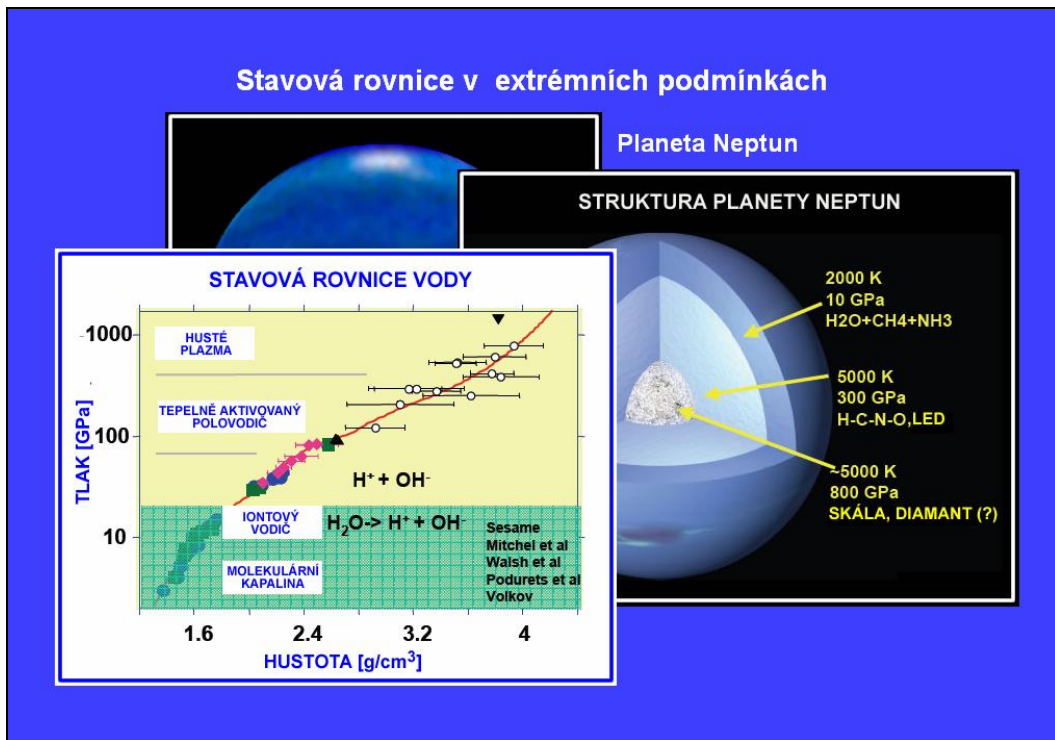


PROTOSTELÁRNÍ JET HARBIG-HARO (HH) 47

Důvody a podmínky pro experimenty v laboratorní astrofyzice : hydrodynamika a radiační hydrodynamika
 o Ověření možnosti škálování
 o Unikátní přínos experimentu
 o Verifikace simulačního programu

Generace plazmových výtrysků laserem Omega

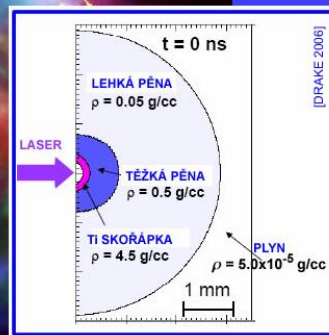
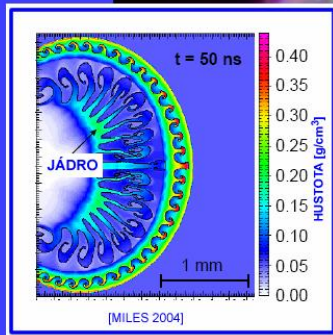




Počítačová simulace a laserový experiment k výbuchu supernovy

Projekt pro NIF

POZUSTATKY KEPLEROVY SUPERNOVY SN 1680 V SOUHVĚZDÍ CASSIOPEIA



Definice, zdroje a výzvy nukleoreaktivního plazmatu

Nukleoreaktivní plazma : Plazma s významným podílem jaderných procesů

- o Hořící plazma v systémech pro MCF
- o Plazma generované v jaderné explozi
- o Plazma jaderné mikroexploze : ICF
- o Plazma generované vysokointenzivními lasery
- o Plazma kosmických horkých / hustých objektů
- o Silně vázané plazma v superhustých objektech



Výzvy fyziky nukleoreaktivního plazmatu

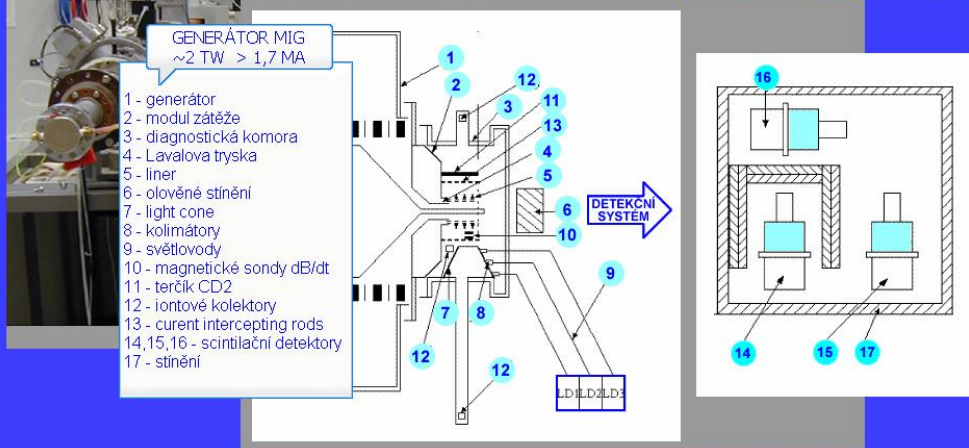
- o Účinné průřezy jaderných reakcí při velmi malých energiích
- o Možnost bezneutronové / bezodpadové jaderné fúze
- o Modifikace jaderných procesů v v superhustých systémech

Fyzika nukleoreaktivního plazmatu

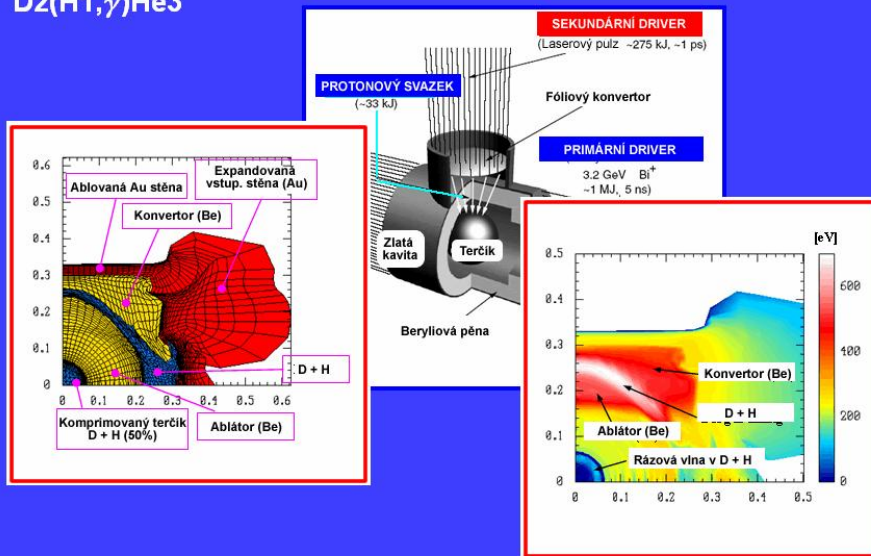
Problém : Určení účinných průřezů astrofyzikálních jaderných procesů

Nízkoenergetický urychlovač projektu LUNA - podzemní laboratoř Gran Chaco

Zařízení s inverzním Z-pinčem - Ústav silnoproudé elektroniky, Minsk - použité pro studium pD reakce při energiích řádu keV



Simulace potenciálního experimentu pro měření výtěžku reakce $D_2(H1, \gamma)He_3$



Doporučené (lehčí) čtení k tématu přednášky

G. MacCracken, P. Stott : *Fúze - Energie vesmíru*.
Mladá fronta / Edice Kolumbus, Praha 2007
ISBN 80 - 204 - 1453 - 3 >>> *Kapitoly 3, 4, 6, 7*

Podrobný komentovaný seznam relevantní literatury mohou najít vážní zájemci na webové stránce ke kurzu *AcEP Physics of High Energy Density* <http://vega.fifi.cvut.cz/docs/phed/>. Stačí kliknout na toto oznámení.

Těšíme se na setkání při přednášce

