

Plazma jako fyzikální či technologická výzva s akcentem na "české vody"

Vojtěch Svoboda, et al.
pro přípravný kurs

September 26, 2016

Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

Vojtěch Svoboda & GOLEM



kredit: golem.fjfi.cvut.cz

+ Fyzika a technika termojaderné fúze

http://t2t2.ghl.com.cz

Fyzika a technika termojaderné fúze

Co je fúze

Termojaderná fúze je atomový proces, kdy se dva atomy vzájemně přiblíží a jejich jádra se spojují, čímž vzniká nový atom s vyšší atomovou hmotností. Tento proces je základem fúze v termojaderné fúzi.

Spaluje se při sloučení

Co je plazma

Plazma je čtvrtá skupina látky, která vzniká při velmi vysokých teplotách a tlacích. Je to ionizovaný plyn, který se chová jako jediná látka.

Plazma je čtvrtá skupina látky, která vzniká při velmi vysokých teplotách a tlacích. Je to ionizovaný plyn, který se chová jako jediná látka.

Plazma je čtvrtá skupina látky, která vzniká při velmi vysokých teplotách a tlacích. Je to ionizovaný plyn, který se chová jako jediná látka.

Plazma je krásná!

Plazma je krásná! Plazma je krásná!

Studium

Studium fyziky na VŠ je velmi náročná práce, která vyžaduje mnoho času a úsilí. Studenti se musí naučit nejen fyziku, ale i matematiku a další předměty.

Co Vás čeká?

Pro koho se odbor hodí?

- Pro lidi, kteří mají zájem o fyziku a matematiku.
- Pro lidi, kteří mají zájem o výzkum a vývoj.
- Pro lidi, kteří mají zájem o práci v oblasti fyziky a matematiky.
- Pro lidi, kteří mají zájem o práci v oblasti fyziky a matematiky.
- Pro lidi, kteří mají zájem o práci v oblasti fyziky a matematiky.

Přístup k mán

Jsmě součástí evropských struktur

FUSENET – Fusion education network

FUSENET je síť evropských škol, která se zabývá výzkumem a výukou fyziky a matematiky.

ERASMUS MUNDUS Education Area

ERASMUS MUNDUS je program Evropské unie, který podporuje výzkum a vývoj v oblasti fyziky a matematiky.

ERASMUS MUNDUS je program Evropské unie, který podporuje výzkum a vývoj v oblasti fyziky a matematiky.

ERASMUS MUNDUS je program Evropské unie, který podporuje výzkum a vývoj v oblasti fyziky a matematiky.

Euratom

Euratom je evropská organizace, která se zabývá výzkumem a výukou fyziky a matematiky.

Euratom je evropská organizace, která se zabývá výzkumem a výukou fyziky a matematiky.

Euratom je evropská organizace, která se zabývá výzkumem a výukou fyziky a matematiky.

Euratom je evropská organizace, která se zabývá výzkumem a výukou fyziky a matematiky.

Pracovní list je součástí pracovního listu

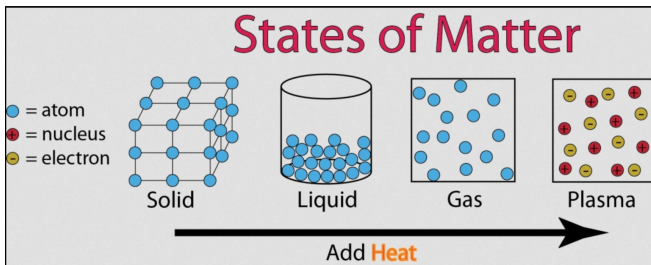
FYZIKA, Mgr. JAROSLAV ŠTROMBERG, Ph.D., e-mail: jstrome@vse.cz
Mgr. JAROSLAV ŠTROMBERG, Ph.D., e-mail: jstrome@vse.cz

[illegible]

kredit: fttf.fjfi.cvut.cz

Ne úplně šťastný název

Stavy hmoty

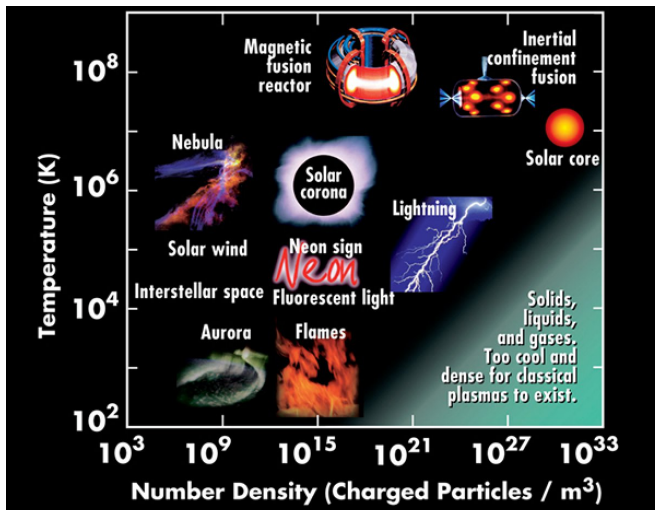


kredit: Intechopen.com

Příběh však nekončí .. nukleonové plazma, kvark-gluonové plazma

..

Plazma kolem nás

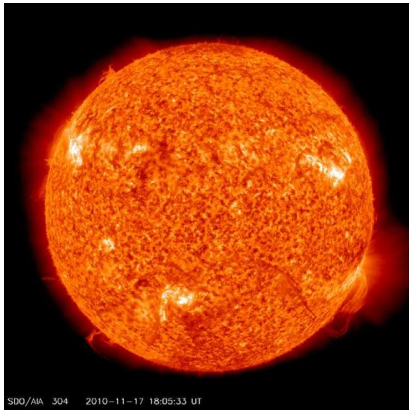


kredit: cpepphysics.org

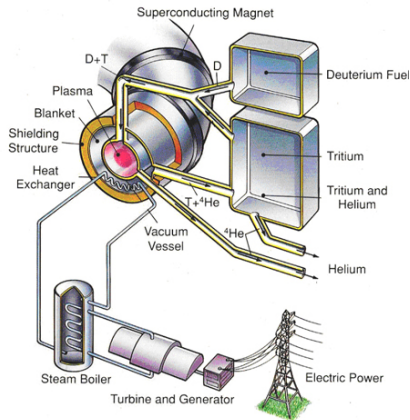
Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

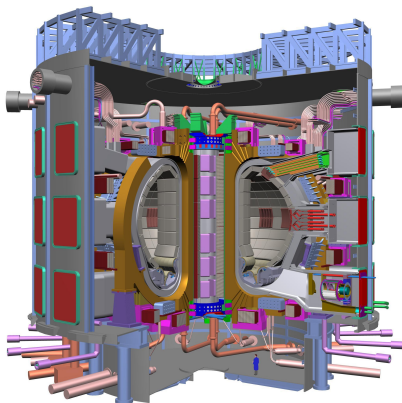
μ hvězda v pozemských podmínkách



kredit: ITER.org



700 tis. km ($15 \cdot 10^6$ K to 6000K) versus 7m ($100 \cdot 10^6$ K to 4K)



kredit: ITER.org

- 500 MW po dobu 400 s @ $Q > 10$.
- Demonstrace technologií budoucí fúzní elektrárny.
- Deuterium-Tritium plasma samostatně “hořící”.
- Produkce tricia.
- Demonstrace bezpečnosti fúzní energie.

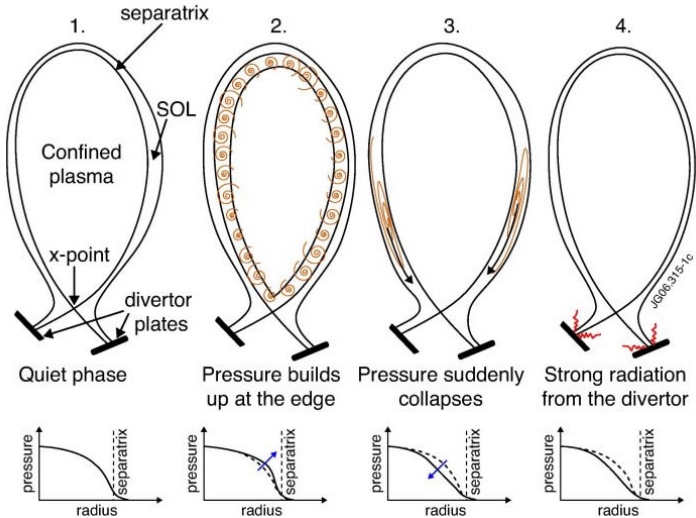
Comparison: ITER, DEMO and Power Reactor

	ITER	DEMO	Reactor
Fusion Power	0.5 GW	2 – 2.5 GW	3 - 4 GW
Heat flux (FW)	0.1-0.3 MW/m ²	0.5 MW/m ²	0.5 MW/m ²
Neutron Wall Load (First Wall)	0.78 MW/m ²	< 2 MW/m ²	~ 2 MW/m ²
Integrated wall load (First Wall)	0.07 MW.year/m ² (3 years Inductive operation I)	5 - 8 MW.year/m ²	10 - 15 MW.year/m ²
Displacement per atom (dpa)	< 3 dpa	50 - 80 dpa	100 - 150 dpa
			
Transmutation product rates at first wall	~10 appm Helium / dpa ~45 appm H / dpa		

kredit: R.Lasser

Slunce 63 MW/m²

ELMs



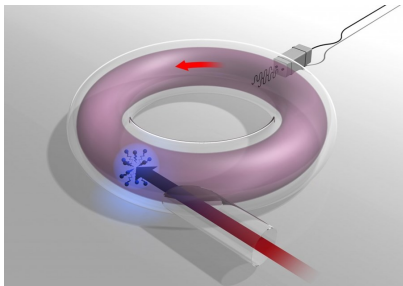
Divertor



kredit: Euro-fusion.org

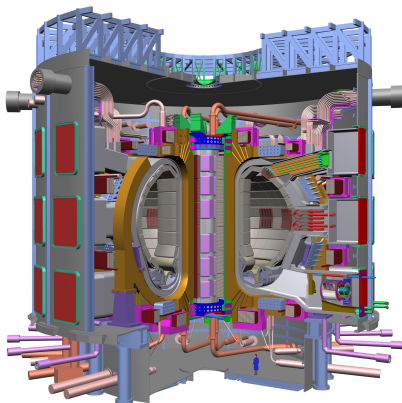
*) nejnamáhanější část reaktoru (není chráněna B_t), *) odpadní kanál energie a částic

Ohřev plazmatu



kredit: ITER.org

- Tažení proudu
- Mikrovlnný ohřev,
- Ohřev neutrálními svazky.



kredit: ITER.org

- Ultra vysoké vakuum (na neuvěřitelném objemu).
- Kryogení technika (HTS výzva).
- Supravodivost (Quenche!).
- Remote handling (delikátní manipulace s 50 t komponentami).

DEMO



Tore Supra

25 m³

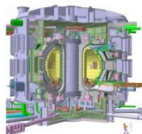
~ 0 MW_{th}



JET

80 m³

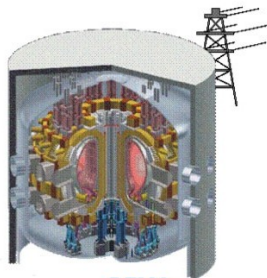
~16 MW_{th}



ITER

800 m³

~ 500 MW_{th}



DEMO

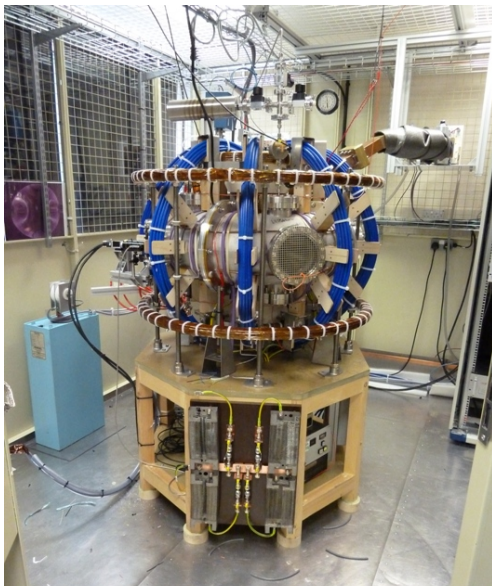
~ 1000 - 3500 m³

~ 2000 - 4000 MW_{th}

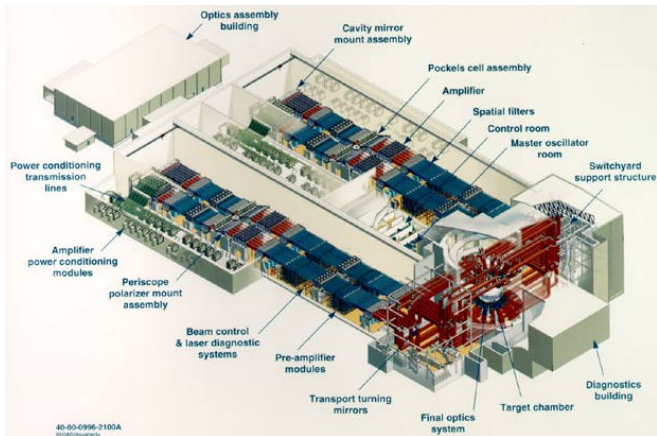
kredit: ITER.org

Rozumně akceptovatelná cena produkované elektřiny.

Opravdová výzva: něco malého



Anebo .. inerciální fúze



kredit: National Ignition Facility

Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie**
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

Plazmatické technologie

- Některé reakce, pomalé, či vůbec nerealizovatelné v pevném/kapalném/plynném skupenství mohou být realizovatelné v plazmatickém skupenství.
- Interakce plazmatu s látkou v pevném skupenství prakticky vždy přináší určité významné změny ve výsledném produktu - na povrchu, změny chemických a fyzikálních vlastností svázaných s jejich strukturálními fázovými transformacemi,

Dvě možné role plazmatu

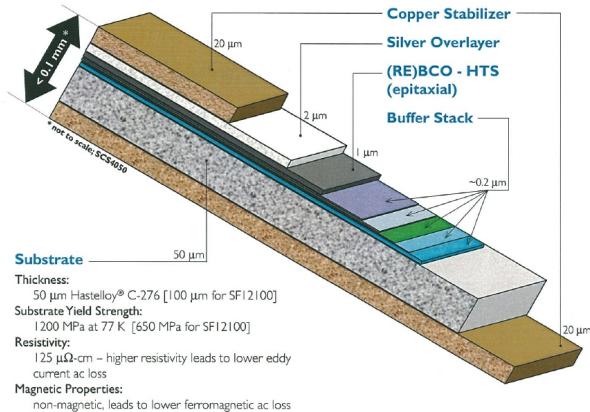
Plazma jako problém: tokamaky a další zařízení. Plasma facing components.

Plazma jako nástroj: i) plazmové naprašování a nanášení tenkých vrstev, ii) čištění povrchů, iii) plazmová chemie, iv) plazmová metalurgie, tavení, řezání,

Outline

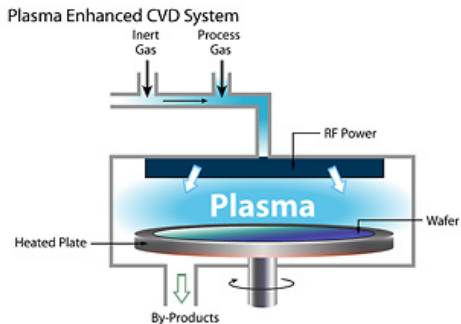
- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

Unikátní "objekty" - nanášení tenkých vrstev



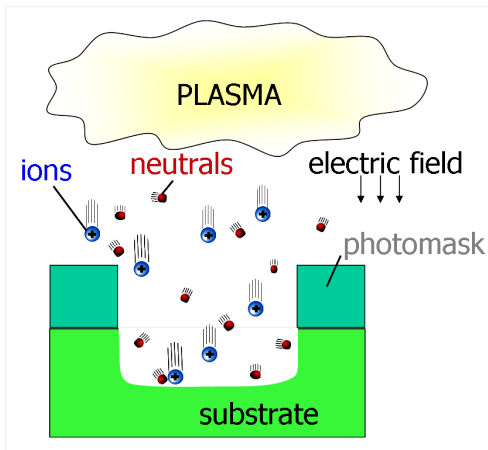
kredit: SuperPower.com

Výroba křemíkových wafelů



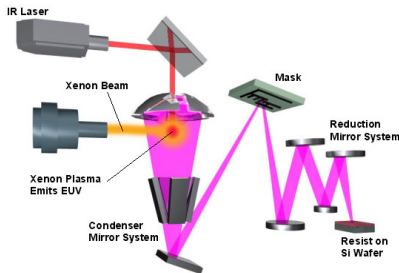
kredit: scorec.rpi.edu

Technologie leptání křemíkových substrátů



kredit: scorec.rpi.edu

EUV litografie

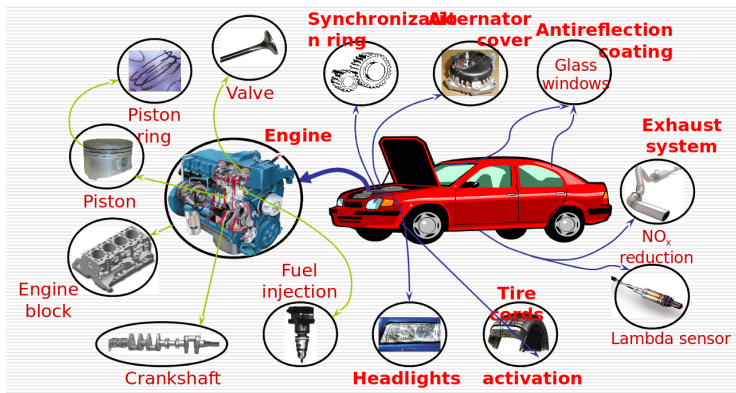


kredit: altervista.org

- Čipy s rozlišením pod 10nm.
- EUV plasmové zdroje schopné vyrobit $> 100W$ na vlnové délce 13.5nm (92eV).
- vlnová délka pod absorpční hranou křemíku, kvůli zrcadlům
- $\sim 10kHz$ vystřelují kuličky cínu a do těch se pak střílí infračerveným laserem ($\sim 3-10\mu m$) - co nejvyšší svítivost na 13nm.

Obrovský zájem průmyslu (Intel, Nvidia, Samsung, Apple, ...)

Plazmatické technologie v autě

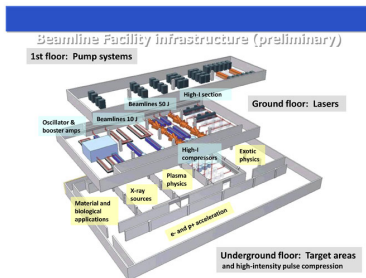


kredit: Pavel Chráska

Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

ELI - Extreme Light Infrastructure



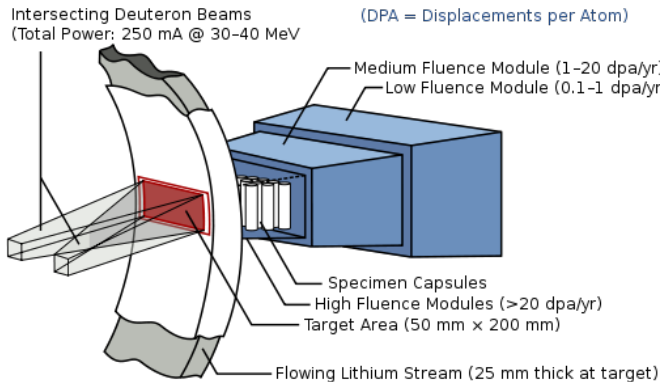
kredit: eli-beams.eu

- Rentgenové zdroje čerpané ultrakrátkými laserovými pulsy.
- Urychlování částic pomocí laserů.
- Aplikace v molekulárních, biomedicínských a materiálových vědách.
- Fyzika plazmatu a vysokých hustot energie.
- Exotická fyzika a teorie.

Outline

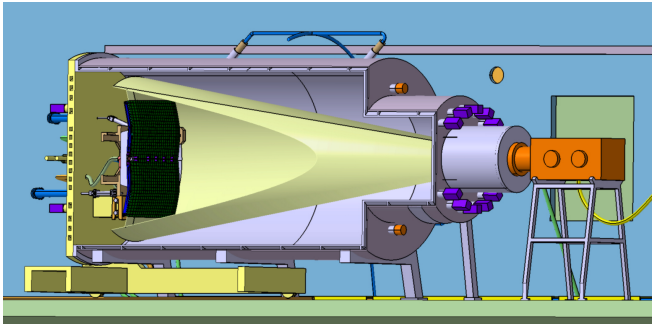
- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie**
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy**
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

IFMIF - International Fusion Materials Irradiation Facility



kredit: [wiki/International_Fusion_Materials_Irradiation_Facility](https://www.wikipedia.org/wiki/International_Fusion_Materials_Irradiation_Facility)

HELCZA - High Energy Load Czech Assembly



kredit: cvrez.cz

Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie**
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví**
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

Plasma medicine



kredit: film.postriziny

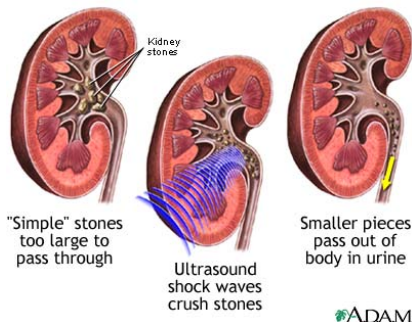
- Hojení ran,
- Dermatologie,
- Stomatologie

Plazmatem na plazmu



kredit: aldebaran.cz

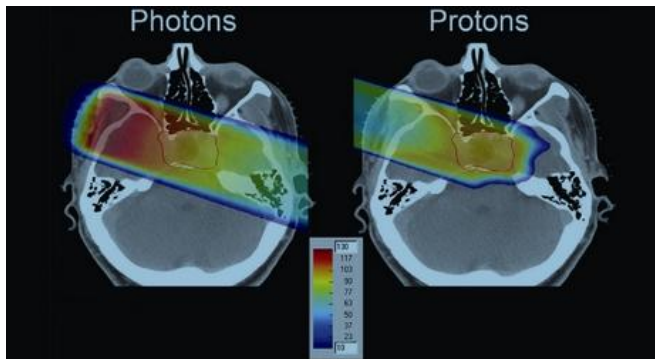
Léčba ledvinových kamenů



kredit: ipp.cas.cz

Silnoproudá elektrická jiskra ve vodě generující fokusovanou rázovou vlnu. Naděje i pro léčbu nádorových onemocnění.

Hadronová terapie

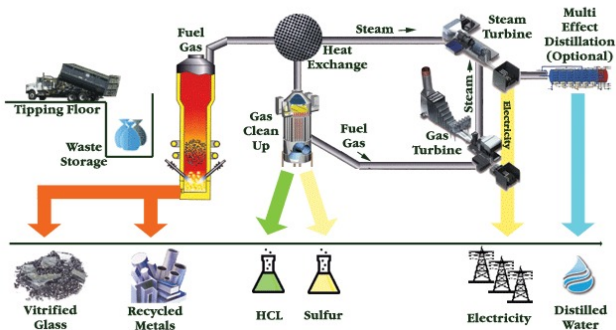


kredit: aldebaran.cz

Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie**
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie**
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

Likvidace odpadů



kredit: bullcitymutterings.com

Outline

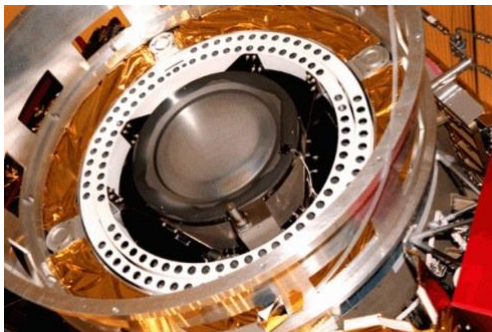
- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie**
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika**
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr



kredit: plasma-universe.com

Většina pozorovatelné hmoty v téměř celé jeho historii je/byla/bude v plazmatickém stavu.

Magnetohydrodynamický motor



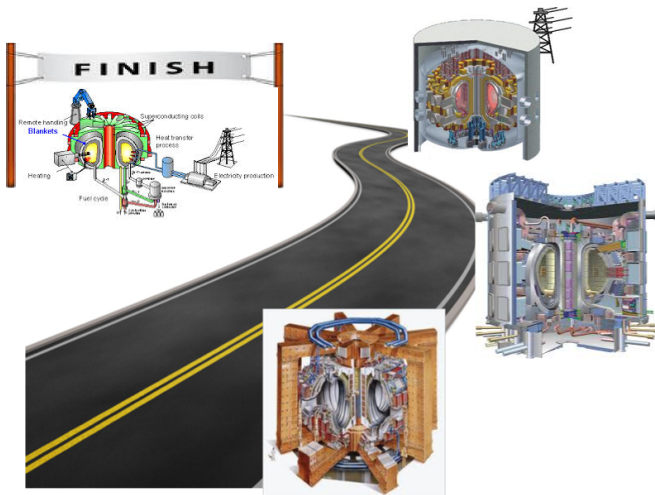
kredit: aldebaran.cz

1999: Deep Space 1, 2003: Smart 1

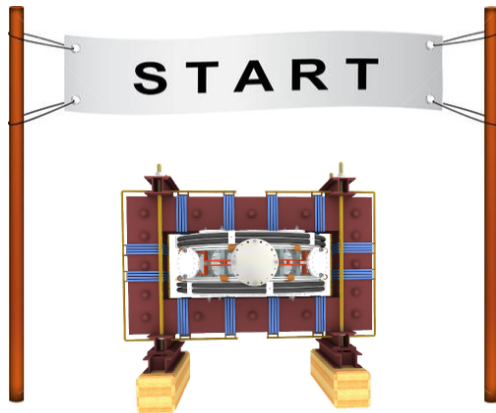
Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 **Vzdělávání**
- 5 Závěr

Cesta k fúzní elektrárně



kredit: golem.fjfi.cvut.cz

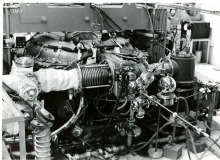


kredit: golem.fjfi.cvut.cz

Čtvrtky.

The smallest & oldest tokamak...

Tokamak TM1
@Kurchatov Institute near Moscow
~1960-1977



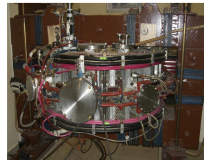
SCIENCE

Tokamak CASTOR
@Institute of Plasma Physics, Prague
1977-2007



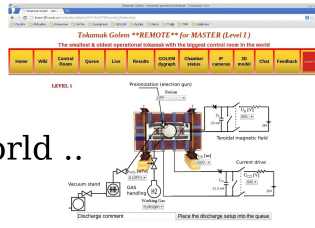
**SCIENCE
& education**

Tokamak GOLEM
@Czech Technical University, Prague
2007-



**EDUCATION
& science**

... with the biggest
control room
in the world ..



Outline

- 1 Úvod
- 2 Budoucí termojaderný reaktor
- 3 Plazmatické technologie
 - Průmysl
 - Výzkum
 - Materiálové testy
 - Zdravotnictví
 - Ekologie
 - Astronomie, astrofyzika, kosmonautika
- 4 Vzdělávání
- 5 Závěr

- Zajistit, aby se ČR udržela na špici.
- Vaše PhD v 2025 - první plazma v ITERu.
- COMPASS-Upgrade
- ELI
- PALS
- Czech Fusion Society:
 - CV Řež
 - UJF Řež
 - MFF UK
 - UFP AV ČR.
- JT-60SA: EU 50%

+ Fyzika a technika termojaderné fúze



kredit: ftf.fjfi.cvut.cz

Těšíme se na vás (prof. Jex, prof. Limpouch, prof. Kulhánek, doc. Mlynář, prof. Kubeš, doc. Kálal, prof. Král, RNDr. Wagner, RNDr. Břeň ... a já)

3x tokamak v ČR

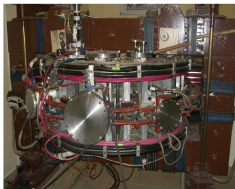
Tokamak COMPASS
@Institute of Plasma Physics, Prague



SCIENCE
& education

kredit: golem.fjfi.cvut.cz

Tokamak GOLEM
@Czech Technical University, Prague



EDUCATION
& science

Music group Tokamak
Brno



ENTERTAINMENT

Ať už si vyberete cokoli, užijte si Jaderku