



KODOLENERĢIJA - nākotnes enerģija



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Institute of Solid State Physics University of Latvia (ISSP LU)

**Excellence Centre of Advanced Material Research
and Technology (CAMART)**

10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja



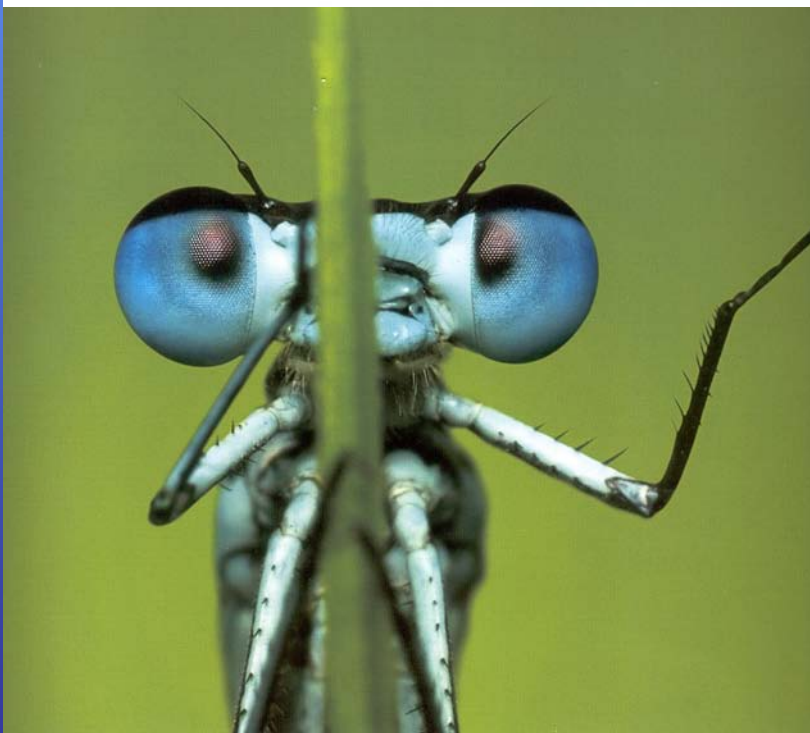
KODOLENERĢIJA - nākotnes enerģija



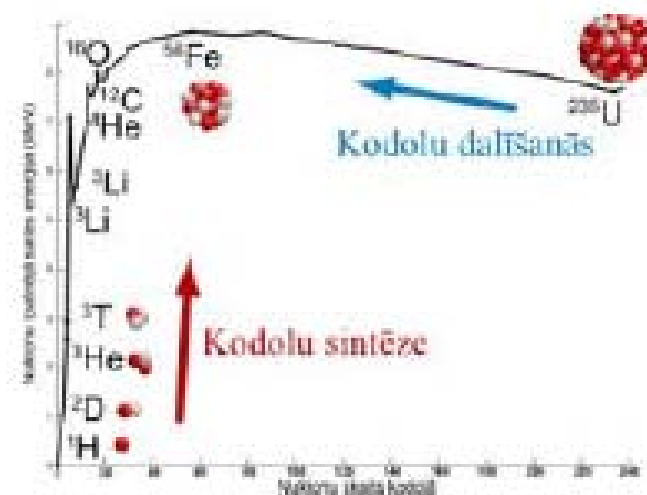
www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

If there is a future, it will be Green.

Petra Kelly



KODOLENERĢIJA





Enerģijas sistēma nākotnē



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

**25 gadi pārejas korporācijai uz tīro (clean) enerģiju:
solar, biomass, fuel cell, hydrogen, biogas,
and renewable energy markets association +
kodolenerģija (bāzes enerģija)**



Enerģijas krājumi uz Zemes



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Vidējais patēriņš – 2 KW uz cilvēku; enerģija kopā - ~ 4TW

Zeme saņem no Saules (kodolsintēze): 5.4×10^{24} enerģijas gadā

No Zemes iekšienes nākošais siltums (kodolskaldīšana): 10^{21} J gadā

Fosīlie (akmeņogles, gāze, nafta) krājumi: 10^{23} J

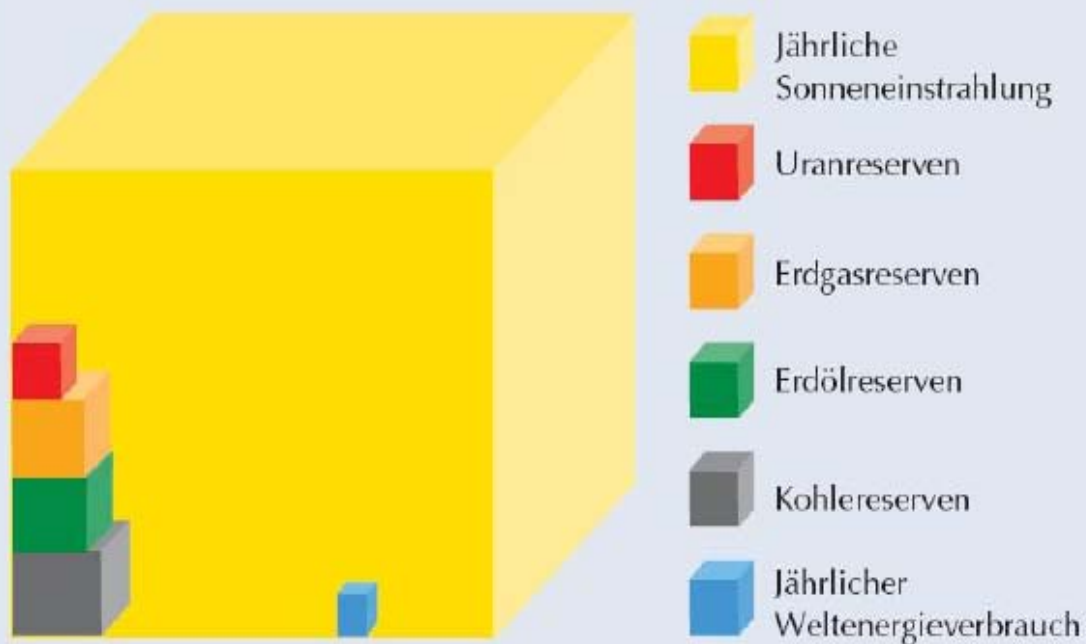
Tradicionālās AES (kodolskaldīšana), saskaldot smago elementu kodolus: $10^{21} - 10^{23}$ J

Kodolsintēzes ceļā, sakausējot deitērija (D) & tritija (T) kodolus: 5×10^{27} J



WORLDWIDE ENERGY CONSUMPTION

ENERGIEVERBRAUCH DER MENSCHHEIT



Solar radiation pa

Uranium reserve

Natural gas reserve

Crude oil reserve

Charcoal reserve

World energy consumption

Quelle: Helion Solarkonzepte GmbH, Langenfeld

Copyright © Xeron AG

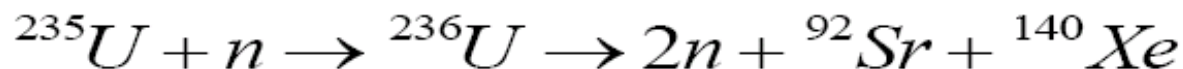




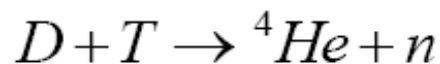
Two paths of obtaining nuclear energy

$$E = mc^2$$

- a) Nuclear **fission** is the splitting of a heavy atom into two or more parts, releasing huge amounts of energy.



- b) Nuclear **fusion** involves bombarding hydrogen atoms together to form helium and neutron.





Kodolu dalīšana (fission) - Kodolsintēze (fusion) daži hronoloģiski dati



Ernest Rutherford - ~1930

Fission

Fermi, Hahn, Meitner, Bethe – ~1933

Manhattan projekta daļa – no 1940

Atombumba – 1945

Kontrolējamas kodolsintēzes *fusion* pētījumi – no 1950

TOKAMAK – (Tamm, Sakharov, Lavrentyev) – 1950

STELLARATOR – Spitzer – 1950

Ūdeņraža bumba - 1952-1953

Inerciālā kodolsintēze

European Union High Power Laser Energy Research facility (HiPER)

National ignition facility (NIF)

EURATOM treaty - 1960

European fusion programme – (Donato Palumbo - + 08.02.2011 –
D.R.Harris) – 1987

EFDA – 1999

F4E – 19.04.2007

ITER - International agreement has been signed by

EU + Switzerland, Russia, USA, Japan, South Korea, China, India -
27.11.2007

Association EURATOM – University of Latvia (AEUL) - 19.12.2001



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



$E=mc^2$: kodolskaldīšana vai kodolsintēze



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Kodolskaldīšana – *fission*
Atomelektrostacijas (AES)
Nuclear power stations

Termiskā kodolsintēze – *fusion*
ITER – DEMO- PROTO
International thermonuclear reactor



10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

The 50s : Nuclear Electricity



1951 : EBR (Idaho)1 lits 4
200 W Bulbs

1954 : Obninsk, 5 MWe

1956 : Inauguration of
Calder Hall by Elisabeth
II





Kodoldegviela



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

▶ Fissile Material	U235, Pu, U233
▶ Fertile Material	U238, Th232
▶ Moderator	D2O, Graphite, H2O, or none
▶ Fuel Composition	Metal, oxide, carbide, nitride, salt, solid, liquid, suspension
▶ Fuel Geometry	Cylinder, rod, pin, sphere, particle
▶ Coolant	Air, H2O, D2O, CO2, He, Na, Pb

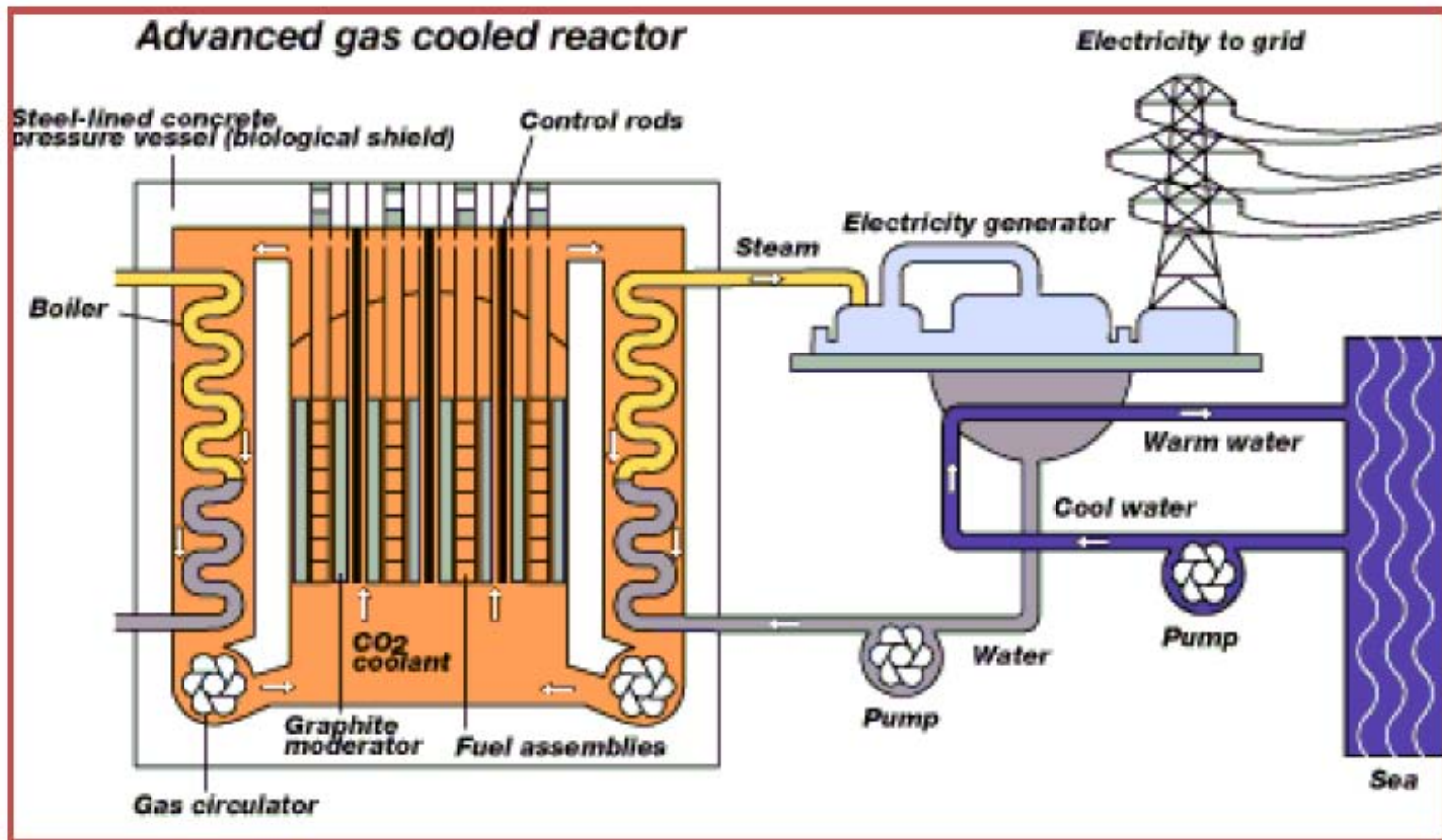


Atomelektrostacija (AES)



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Fission power plant





www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

WNA May 2010

Nuclear Power 2009-10

Country	GWe	TWh	Units	%Elec
USA	101	797	104	20
France	63	392	58	75
Japan	47	263	54	29
Russia	23	153	32	18
S Korea	18	141	20	35
Germany	20	128	17	26
Canada	13	85	18	15
Ukraine	13	78	15	49
China	9	66	11	2
Spain	7	50	8	18
Sweden	9	50	10	35
WORLD	374	2 558	438	14

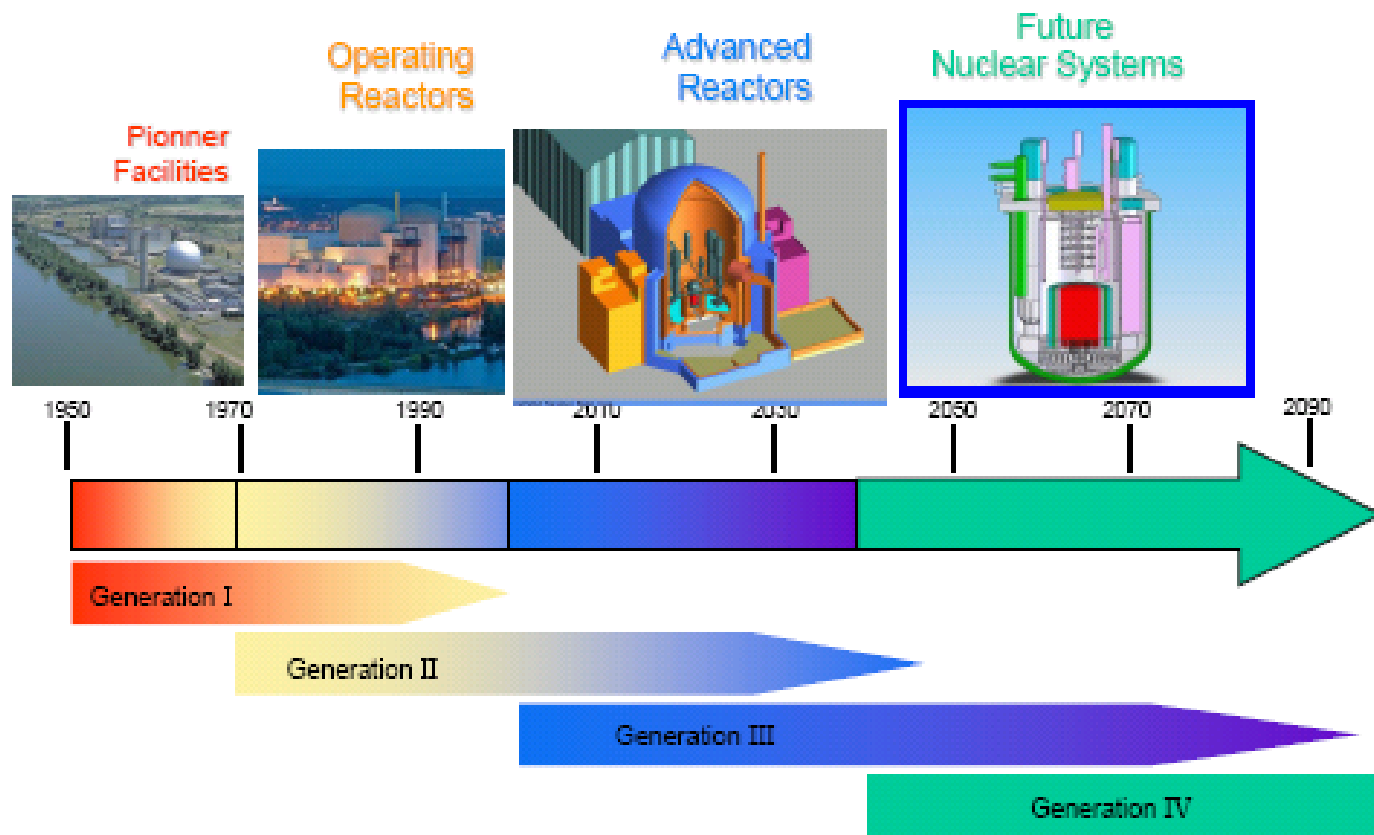


Atomelektrospēkstacijas (AES)



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Nuclear reactors « Generations »





Present Trends: Generation III

- Increased Safety (prevention & mitigation)
- Increased *Security*
- Simplification
- Reliability & Operating Flexibility
- Competitiveness with Gas/Coal Plants



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Trešās paaudzes AES - 1



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Generation III PWRs

EPR
AREVA



APR 1400 S Korea



APWR MHI



AP 1000
Toshiba-W



AES 92
Russia



ATMEA Areva-
Mitsubishi





Trešās paaudzes AES - 2

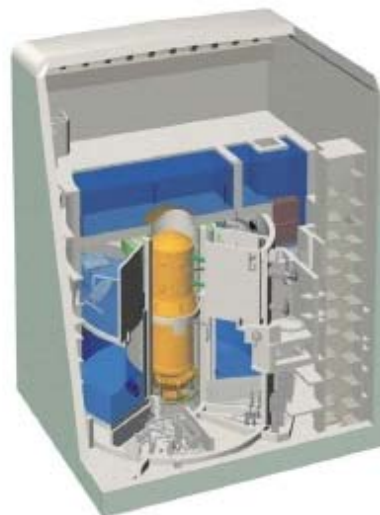


Generation III BWRs

ABWR
Hitachi

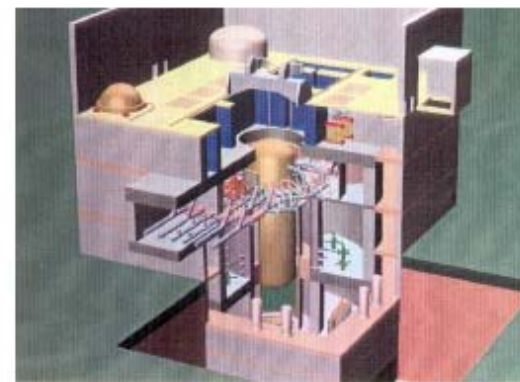


GE-



KERENA
AREVA

ESBWR GE



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



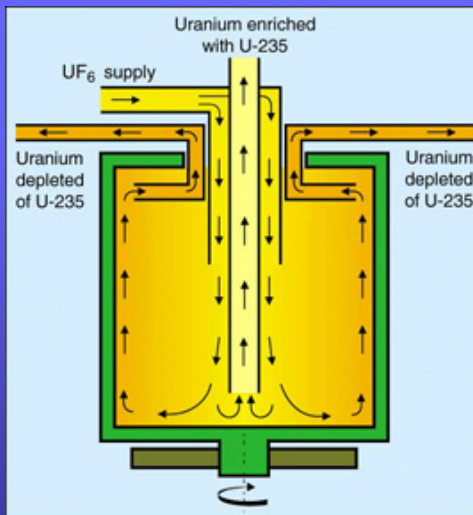
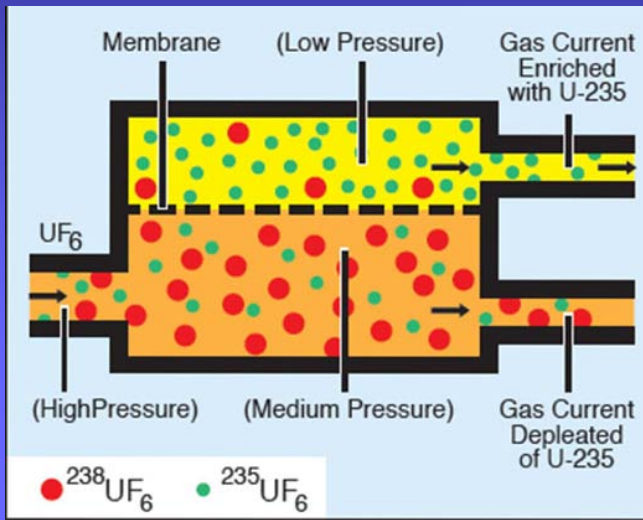
Urāna bagātināšana



AEUL



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Natural uranium
> 99.2% U-238
0.72% U-235



Low-enriched uranium
(reactor grade)
3-4% U-235



Highly enriched uranium
(weapons grade)
90% U-235

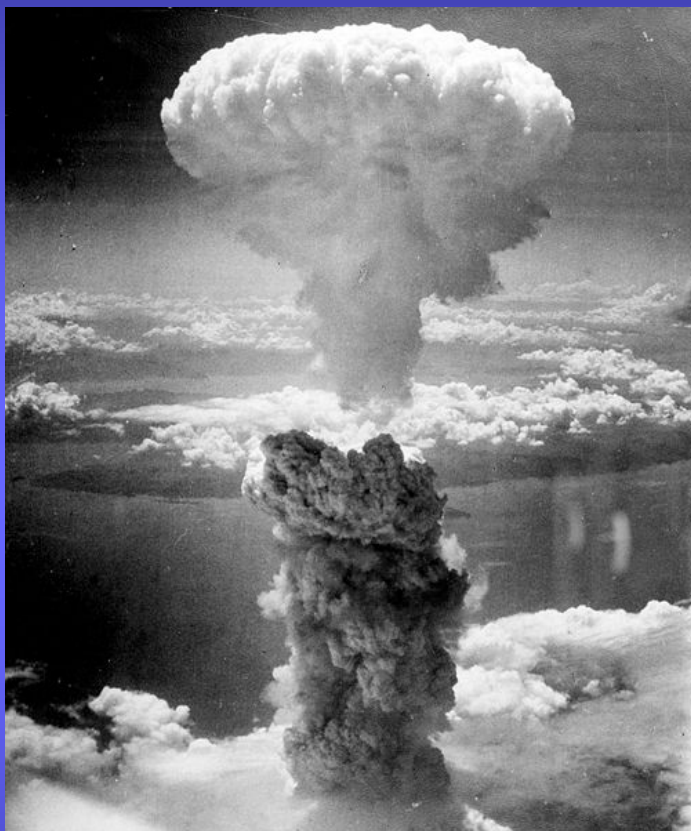
10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja

17



Atombumba

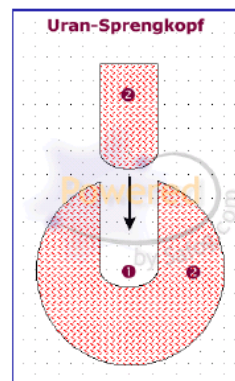


www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

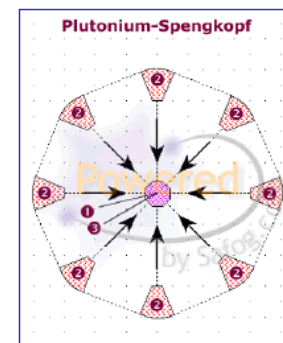
fission → atomic bomb

Little Boy 64 kg uranium , 80 % ^{235}U .

Fat Man 6,2 kg ^{239}Pu



Hiroshima, 6. August 1945



Nagasaki, 9. August 1945

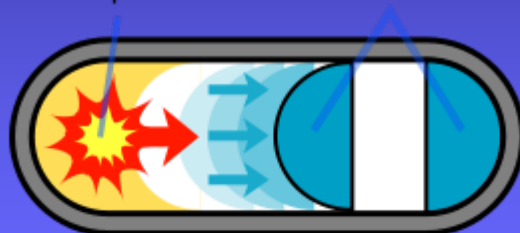


Atombumba & Ūdeņraža bumba

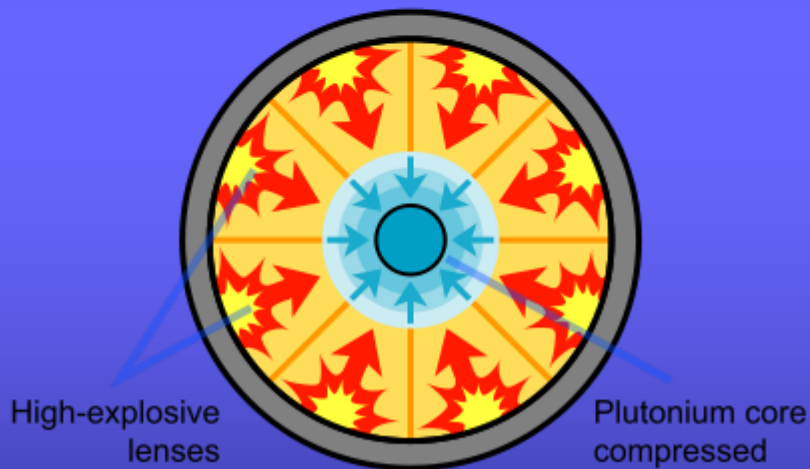


www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

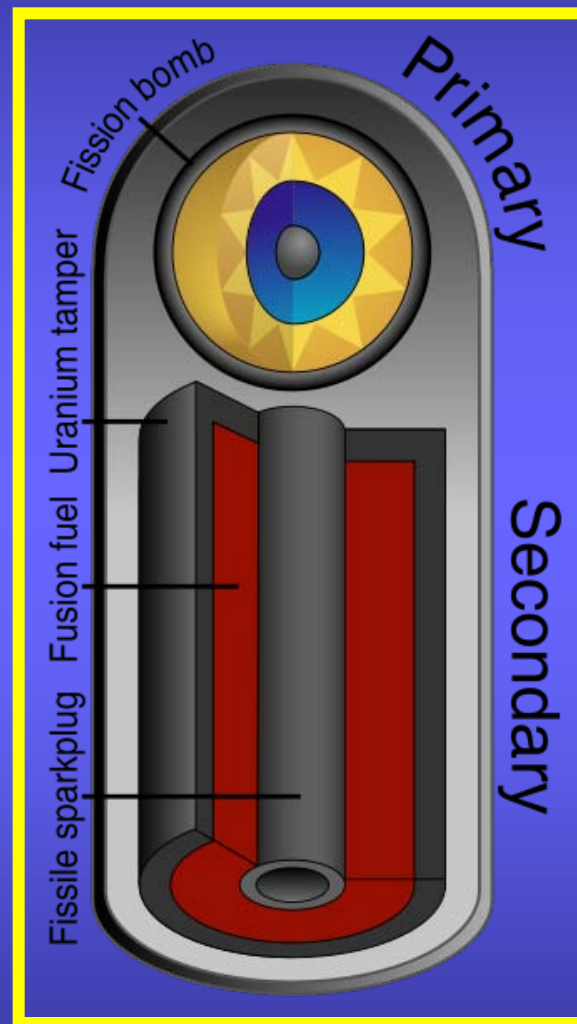
Conventional chemical explosive Sub-critical pieces of uranium-235 combined



Gun-type assembly method



Implosion assembly method





Torijs ^{232}Th : nākotnes kodoldegviela



AEUL



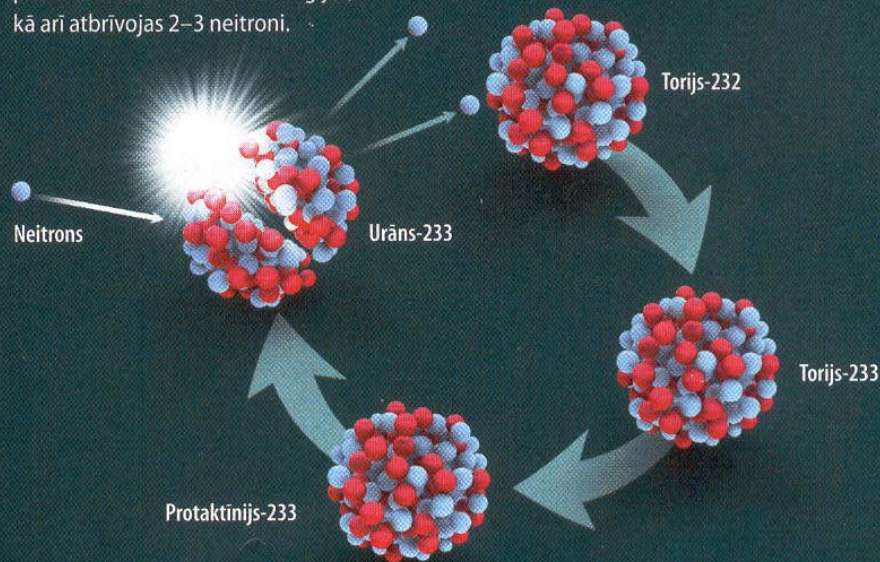
www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Torija reaktors pats ražo sev degvielu

Kad torija atoma kodols saduras ar neitronu, torijs sabrūk, radot urānu-233. Šā urāna izotopa kodolu var sašķelt, iegūstot enerģiju.

1. Urāna-233 kodols saķer neitronu un sašķeļas divos vieglākos ķīmiskajos elementos. Šķelšanās procesā izdalās 198 MeV* enerģijas, kā arī atbrīvojas 2–3 neitroni.

2. Torijs-232 uzņem šķelšanās reakcijā radušos neitronu un pārvēršas par toriju-233.



4. Protaktīnija-233 pussabrukšanas periods ir 27 dienas; tas pārvēršas par urānu-233.

3. Ļoti radioaktīvā torija-233 pussabrukšanas periods ir 22 minūtes; tas pārvēršas par protaktīniju-233.

* MeV – megaelektronvolti, atomfizikā izmantota enerģijas mērvienība.

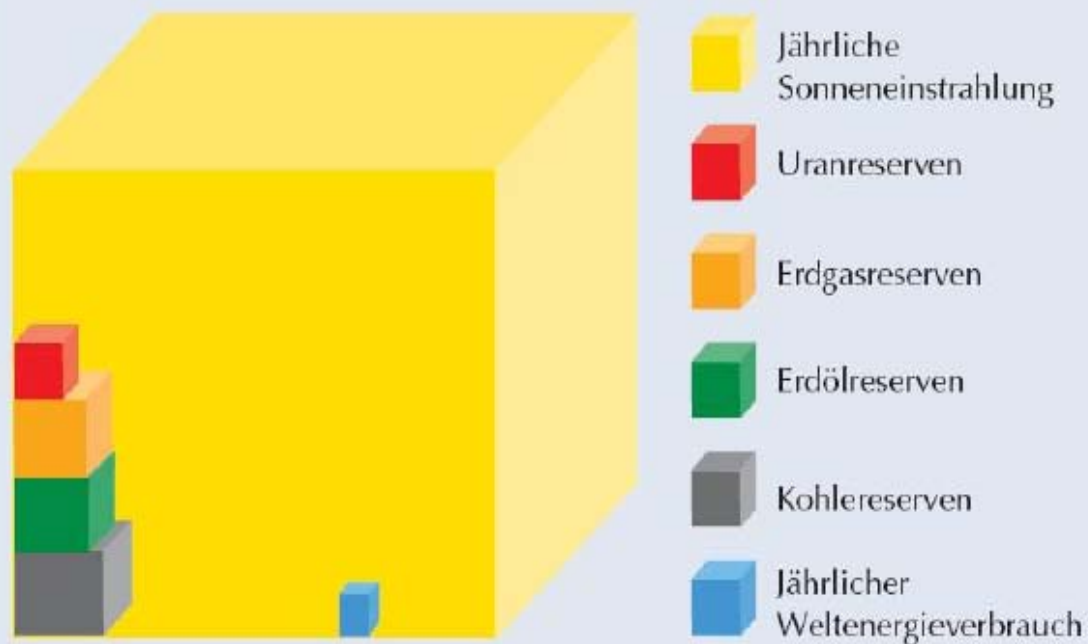


WORLDWIDE ENERGY CONSUMPTION



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

ENERGIEVERBRAUCH DER MENSCHHEIT



Solar radiation pa

Uranium reserve

Natural gas reserve

Crude oil reserve

Charcoal reserve

World energy consumption

Quelle: Helion Solarkonzepte GmbH, Langenfeld

Copyright © Xeron AG



SAULE pasaules tautu kultūrās



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Senajā Ēģiptē



Mezopotāmijā



Indijā



10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja

22



SAULE pasaules tautu kultūrās

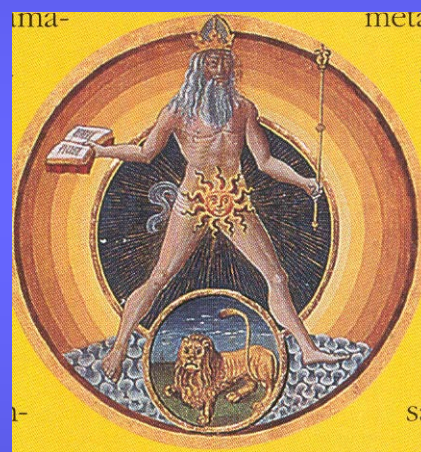


www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Senajā Ēģiptē



Acteki



Maiji



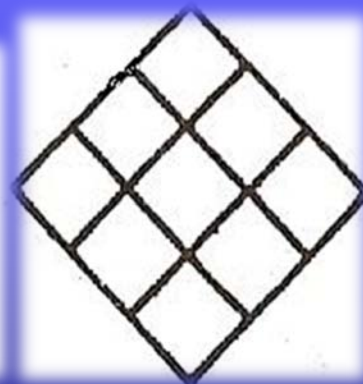
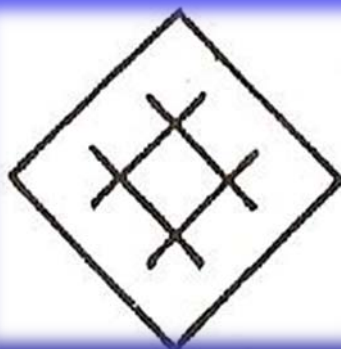
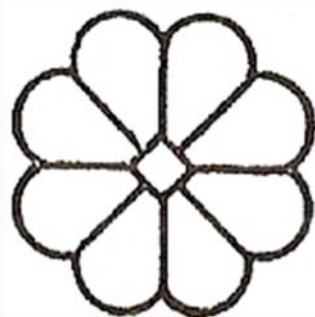
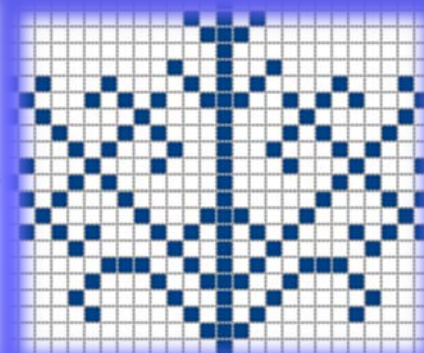
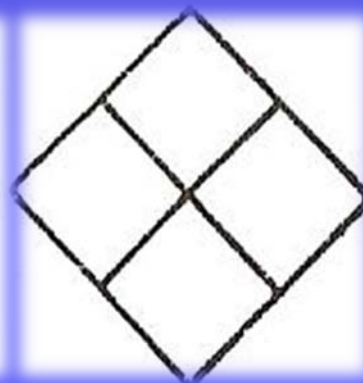
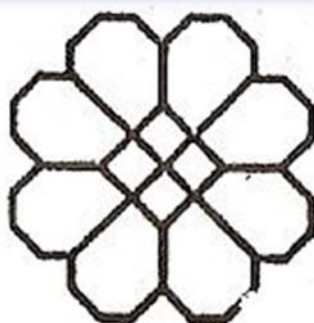
10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja



SAULE latviešu folklorā

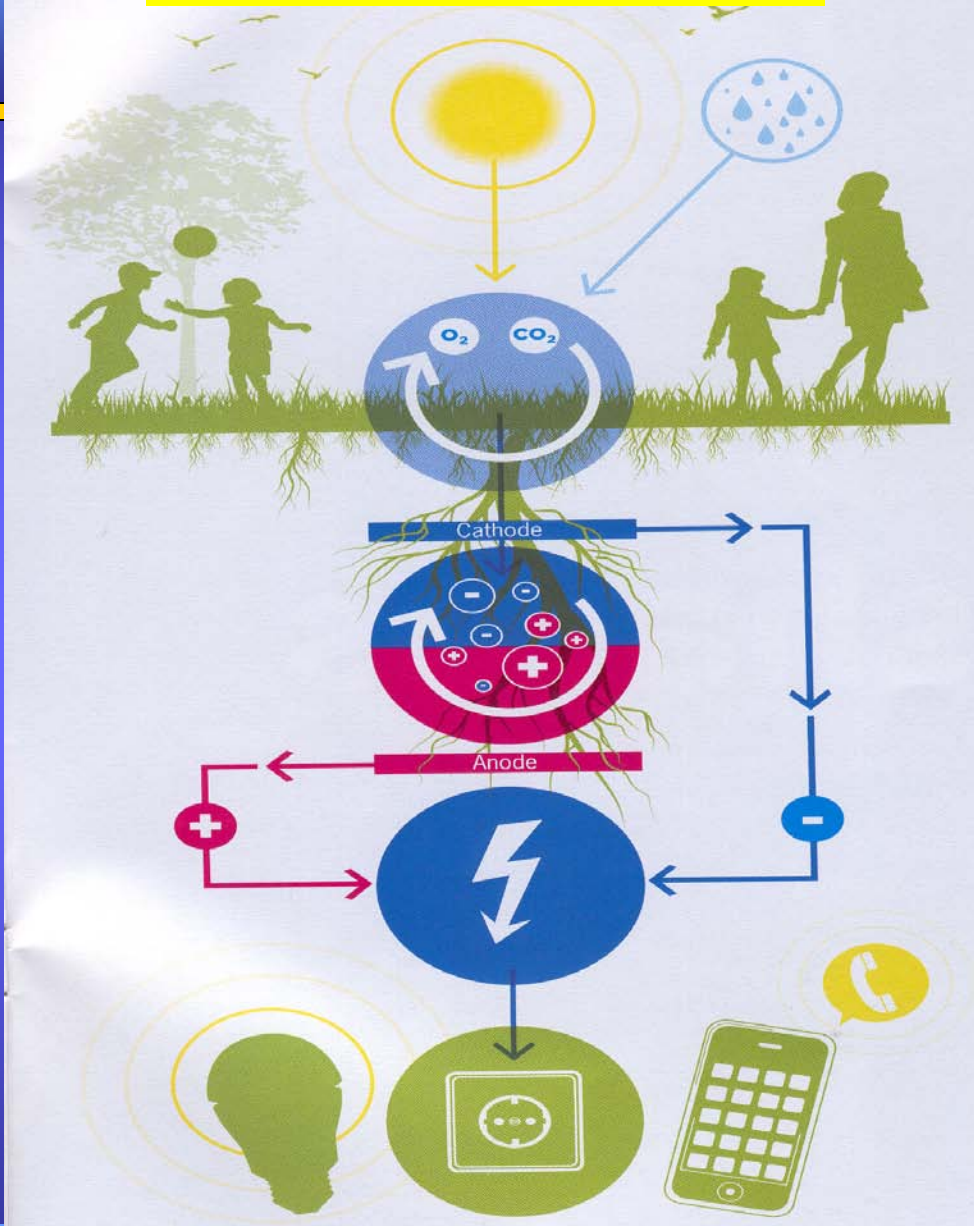
- Sauli apzīmē visi apaļie priekšmeti, piemēram, lode, ola vai zīle, kuru ritēšana apzīmē Saules kustību debesu velvē.
- Saules zīme tautas mākslā.



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Augi ģenerē elektrību



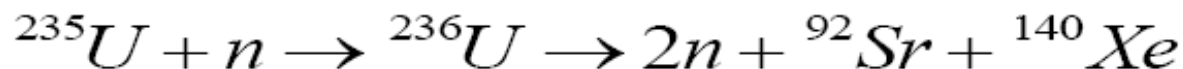
www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



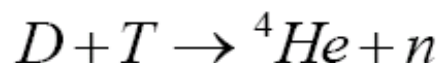
Two paths of obtaining nuclear energy

$$E = mc^2$$

- a) Nuclear **fission** is the splitting of a heavy atom into two or more parts, releasing huge amounts of energy.



- b) Nuclear **fusion** involves bombarding hydrogen atoms together to form helium and neutron.



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

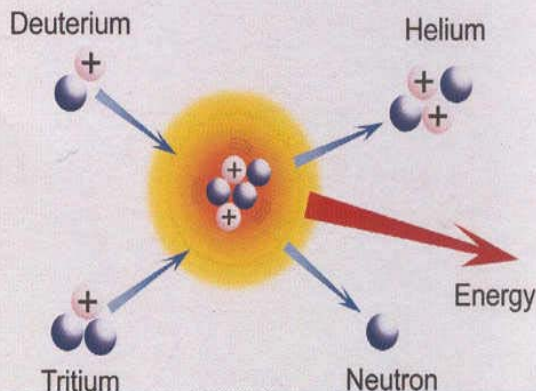


Kodolsintēze ($E=mc^2$) : D-T plazma ITER ūdeņraža plazma Saulē

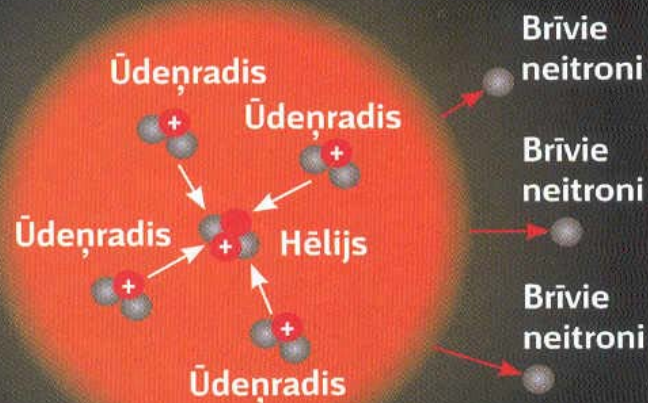


FUSION REACTIONS

The easiest fusion reaction to achieve is between the two heavy isotopes of hydrogen (deuterium and tritium). Most of the energy released in this reaction is carried away by a high speed neutron. The remaining energy goes to the alpha particle (a helium nucleus) which is also produced in the reaction. In a fusion reactor, a blanket around the reactor would slow down the neutrons and convert their energy into heat. This heat can be extracted to generate steam for conventional electricity generation. Lithium, in the blanket, is converted by the neutrons into tritium.



(Image courtesy of EFDA)



SAULES PIETIKS

Katru sekundi Saules dzīlēs hēlija "pelnos" pārvēršas aptuveni 700 miljoni tonnu ūdeņraža! Nebaidies, Saules resursu pietiks vēl dažiem miljardiem gadu.



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



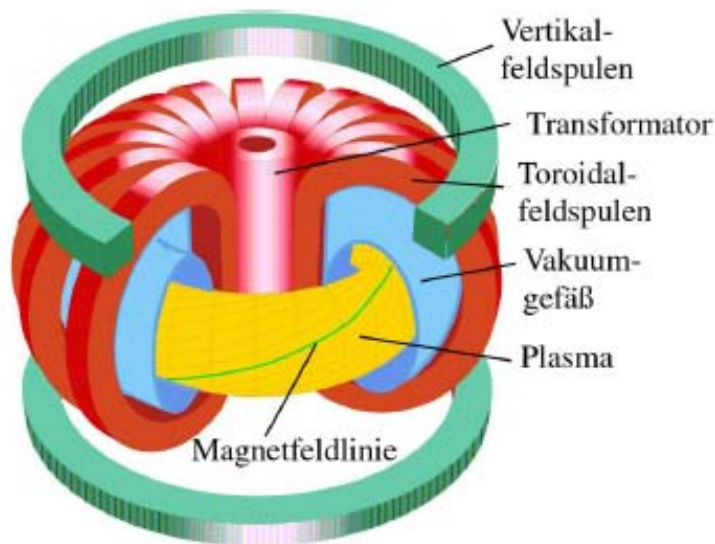
TOKAMAK un Stellarator koncepts



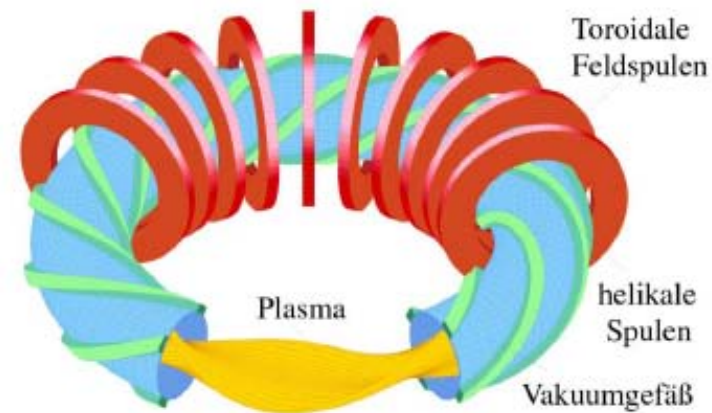
AEUL

Tokamak and Stellarator – two roads to nuclear fusion energy

Only research!!!



Tokamak



Stellarator



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



EFDA
EUROPEAN FUSION DEVELOPMENT AGREEMENT

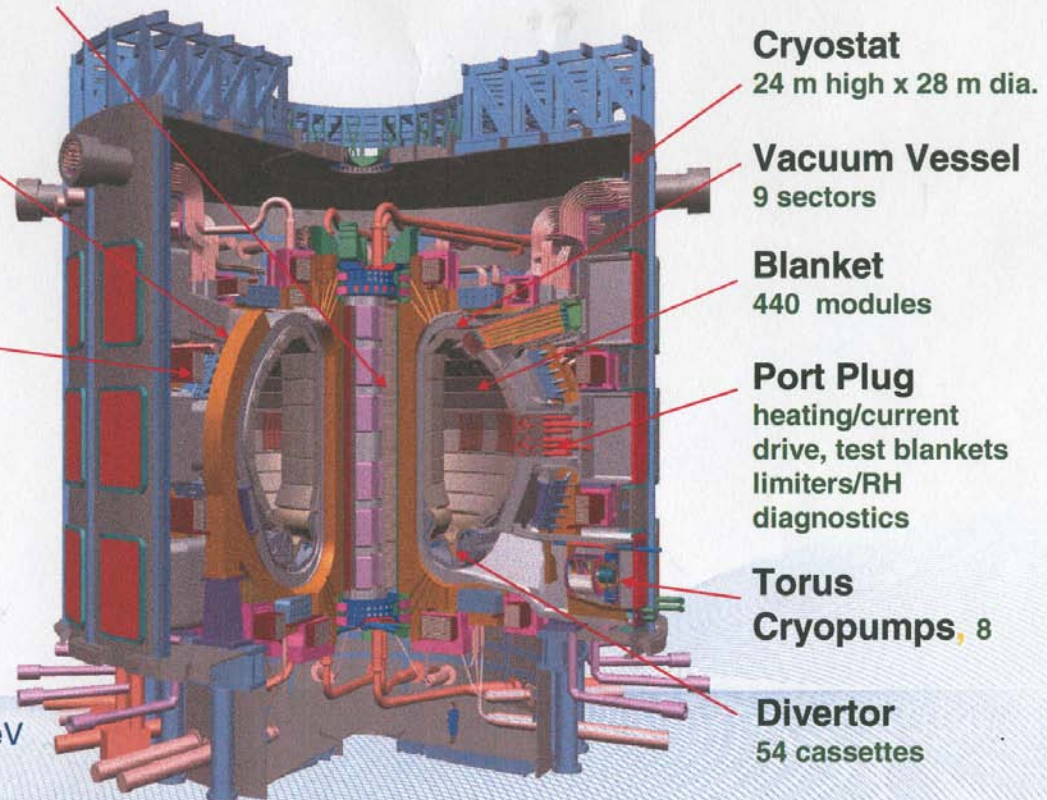
Central Solenoid
Nb₃Sn, 6 modules

Toroidal Field Coil
Nb₃Sn, 18, wedged
5,3 T on plasma axis

Poloidal Field Coil
Nb-Ti, 6

Major plasma radius 6.2 m
Plasma Volume: 840 m³
Plasma Current: 15 MA
Typical Density: 10²⁰ m⁻³
Typical Temperature: 20 keV
Fusion Power: 500 MW

The core of ITER



Machine mass: 23350 t (cryostat + VV + magnets)

Jerome Pamela Riga, 24 October 2007



ITER parametri



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

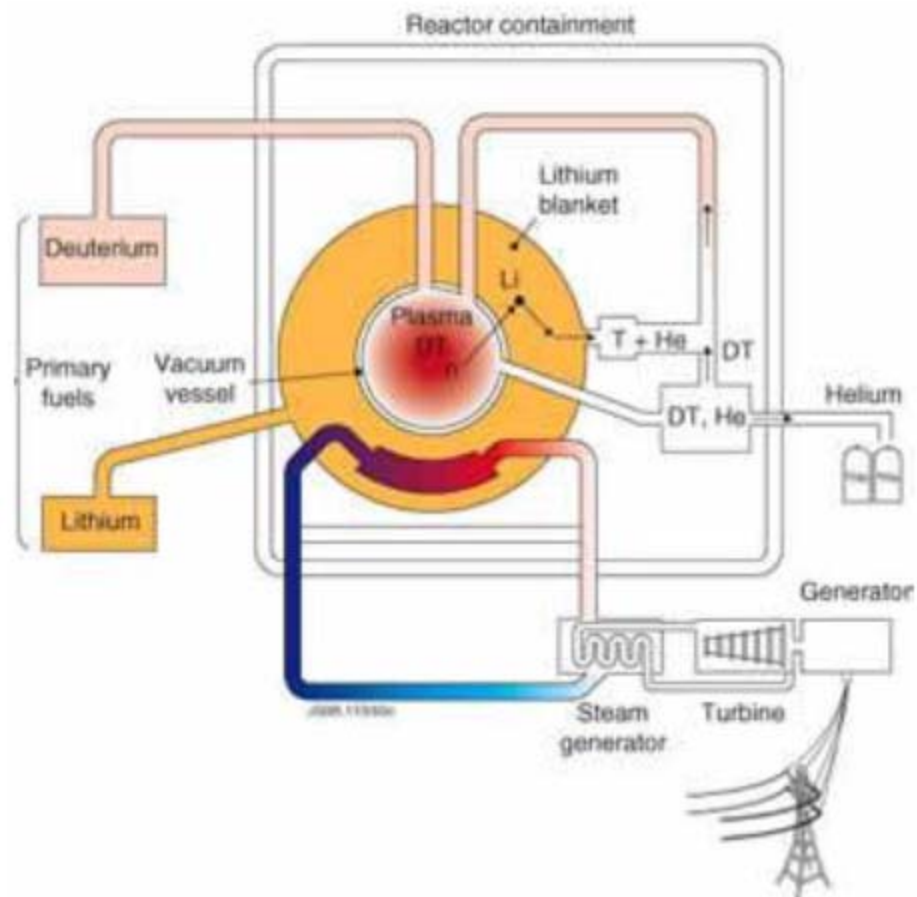
ITER design parameters

Total fusion power (megawatt)	500 MW
Power multiplication factor (Q)	10
Tokamak diameter	24 m
Tokamak height	15 m
Plasma volume	850 m ³
On-axis toroidal magnetic field (tesla)	5.3 T
Operational life	20 years+



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Fusion power plant

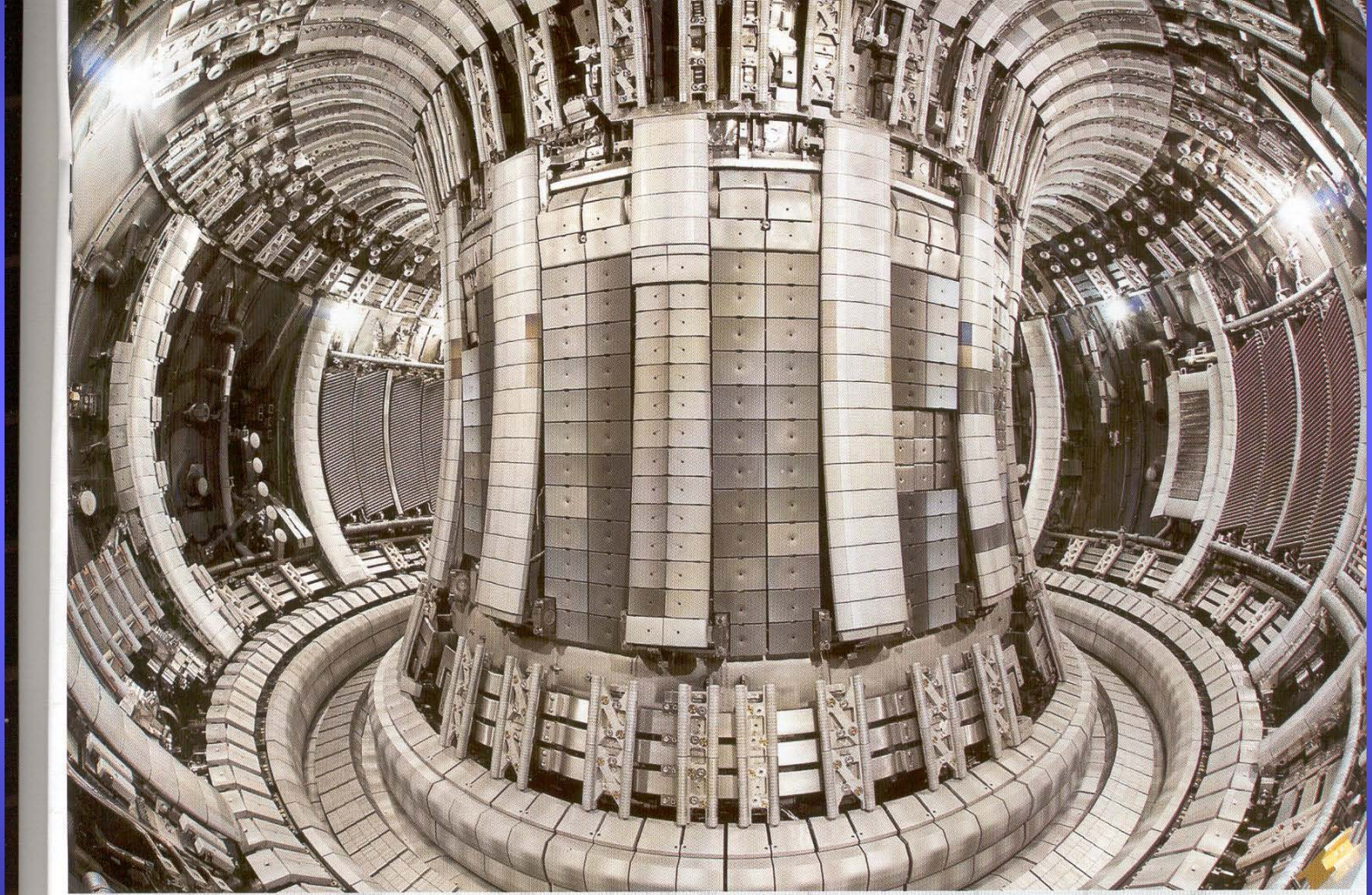




Joint European Thorus (JET)



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja

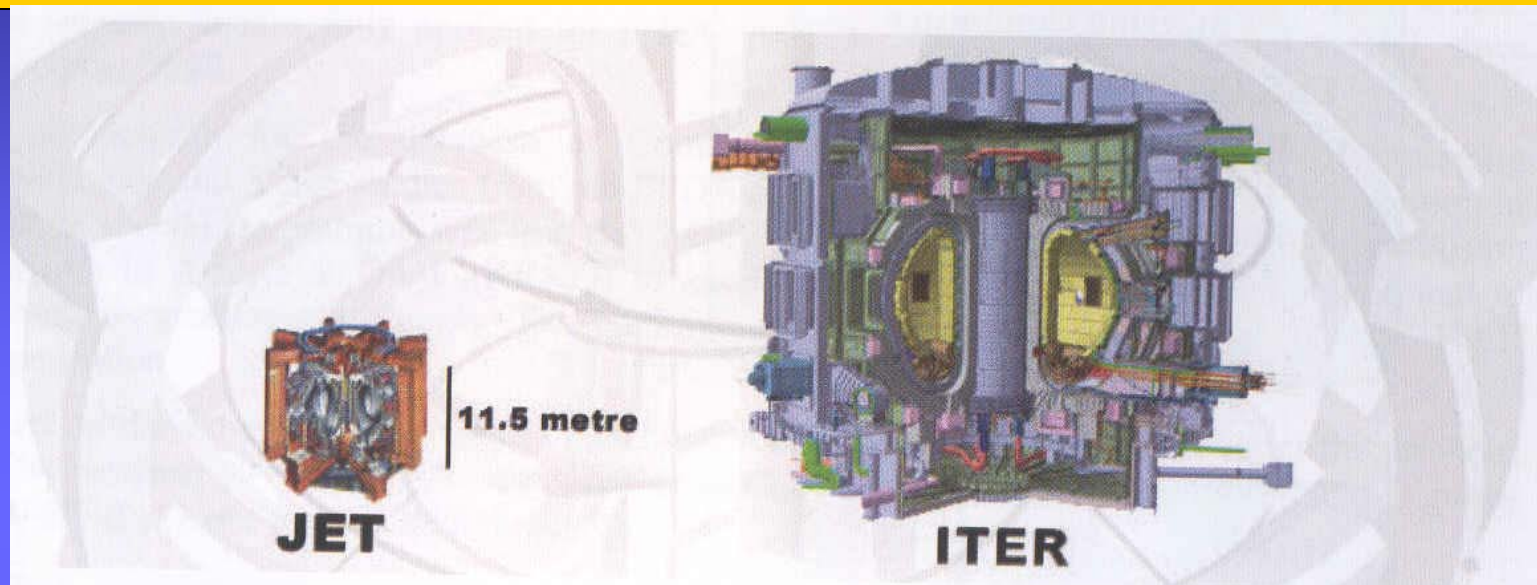
32



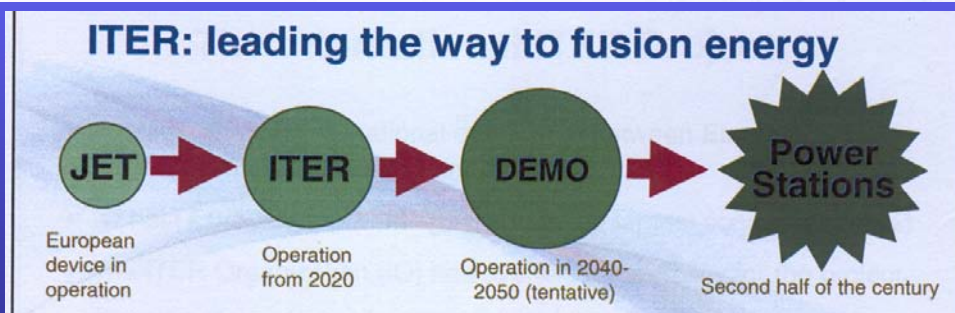
JET : ITER



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Comparison of JET, the so-far largest Tokamak worldwide and ITER. ITER will be nearly 30 m high and will weigh 23 000 tons.



10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja



EURATOM-F4E (ITER)

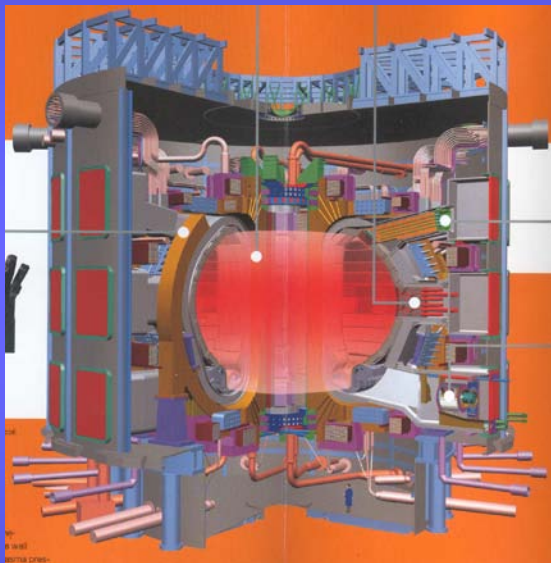


27.11.07. – International agreement has been signed by EU+Switzerland, Russia, USA, Japan, South Korea, China, India

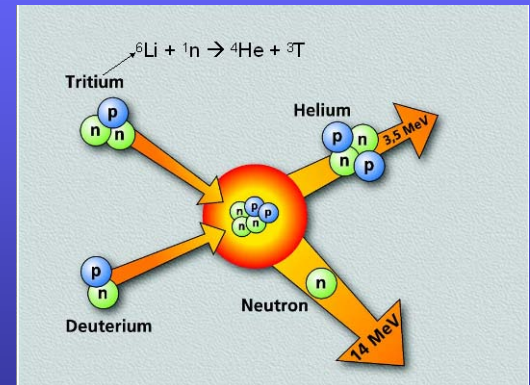
Total 34 countries, incl. Latvia

**ASSOCIATION
EURATOM – UNIVERSITY OF LATVIA (AEUL)
SINCE 2002**

Reactor ITER will be built in Europe –
in Cadarache – south of France, near Marcel



Fusion and International Thermonuclear
Experimental Reactor (ITER)

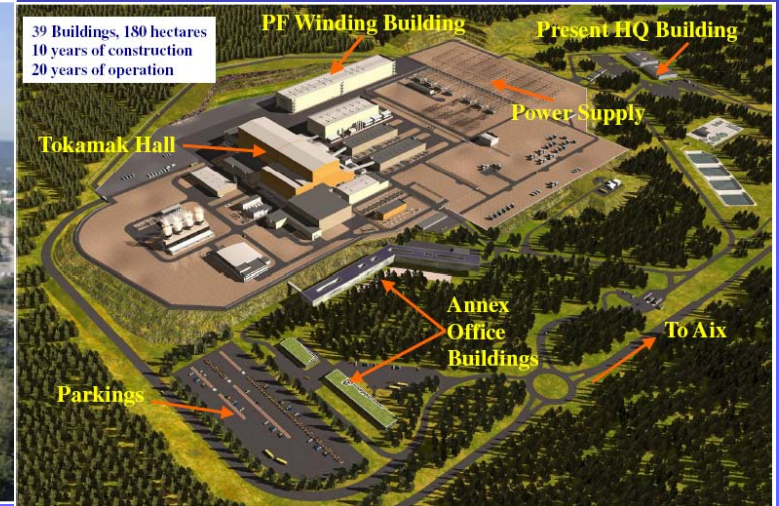




ITER



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Tokamak complex: 280 plinths and 220 anti-seismic bearings already in place using 700 m³ of concrete and 300 tonnes of iron. January 2012

10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja

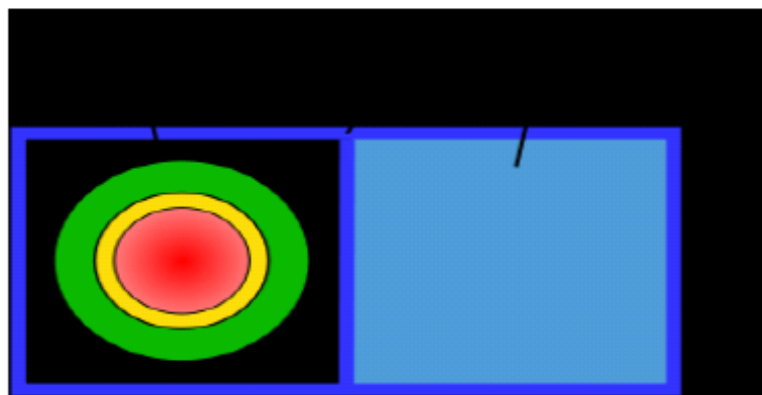


www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

fusion → hydrogen bomb

On November 1, 1952, the United States exploded the first hydrogen bomb.

The first Soviet test of a [hydrogen bomb](#) was on August 12, 1953



Mini atomic bomb

Fusion fuel

Hydrogen bomb / atomic bomb = 1000



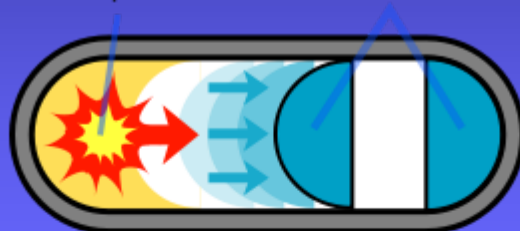


Atombumba & Ūdeņraža bumba

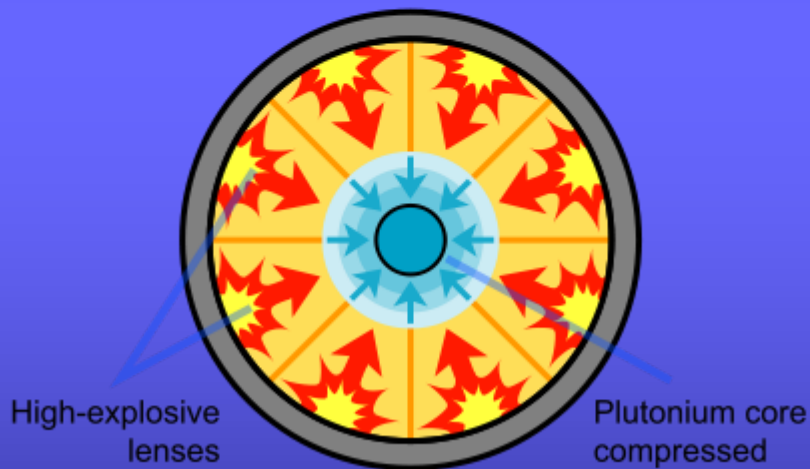


www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

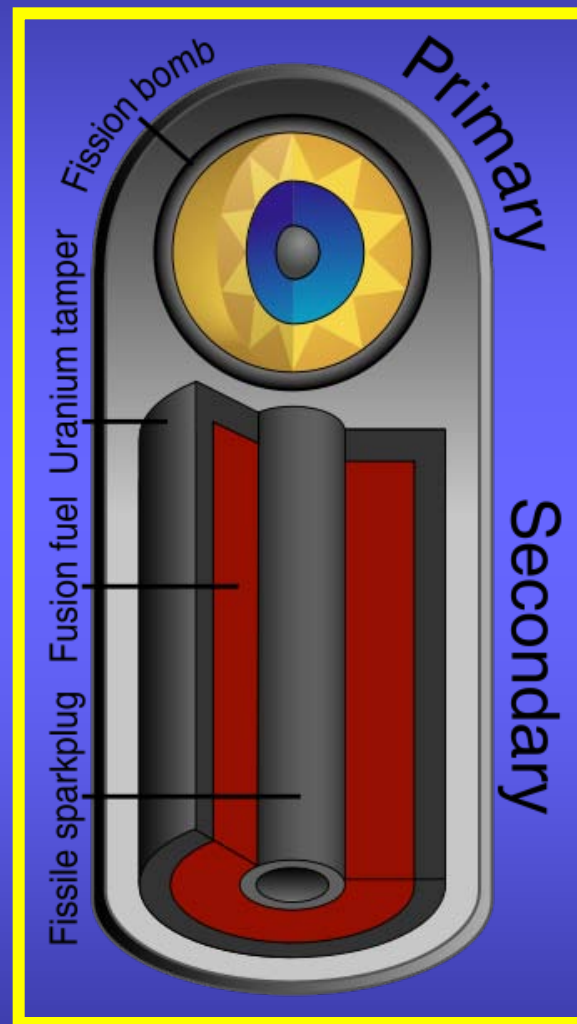
Conventional chemical explosive Sub-critical pieces of uranium-235 combined



Gun-type assembly method



Implosion assembly method





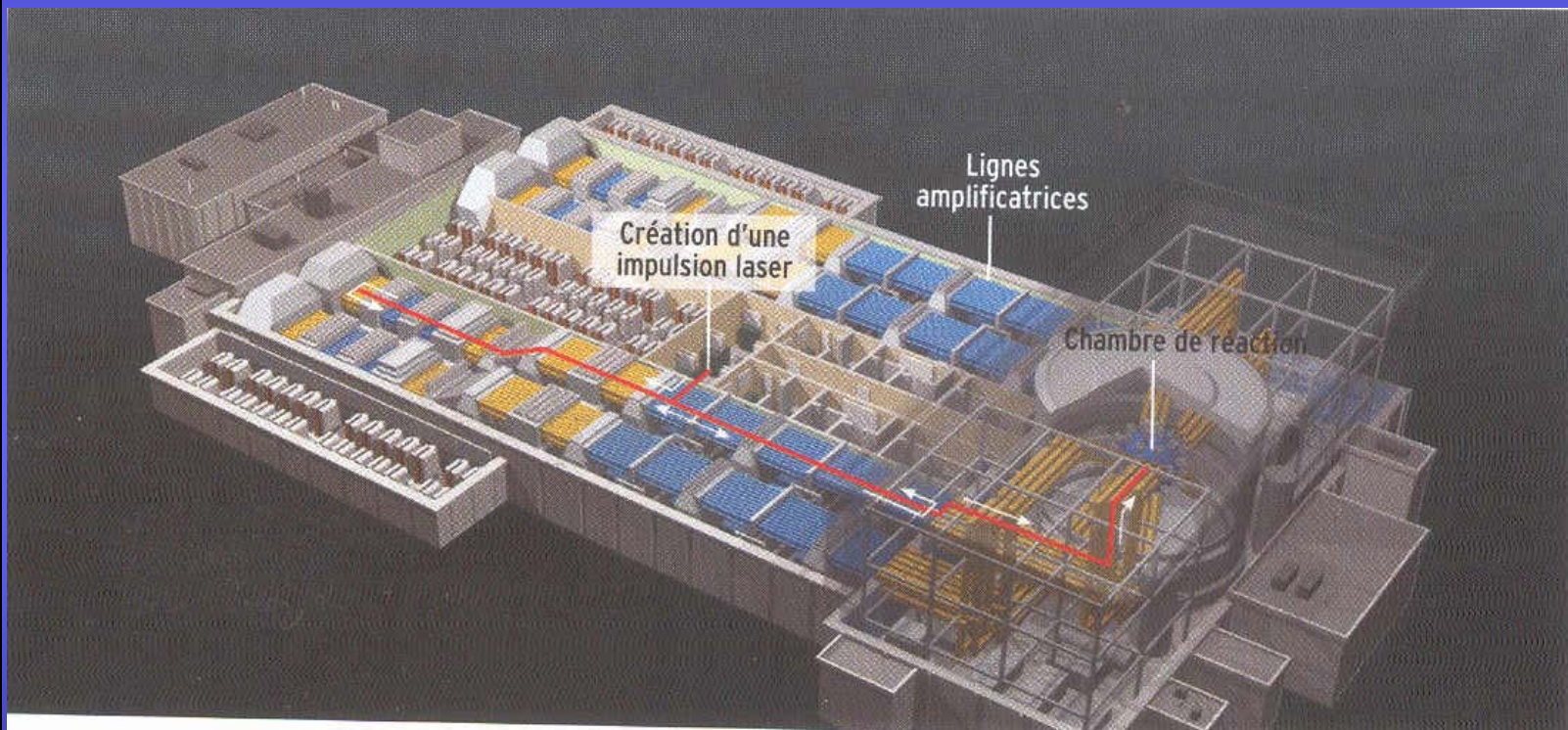
Inerciālā kodolsintēze NIF (USA)



AEUL



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja

38



Bailes no kodolenerģijas (radioaktivitātes) gūst virsroku par pašu radioaktivitāti



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Oponentiem būtu vēlams arī atcerēties:

- tūkstošiem bojā gājušos ogļu raktuvēs visur pasaulē;
- bojāgājušos cilvēkus, jūras dzīvnieku, putnu BP naftas ieguves platformā Meksikas līcī;
- neatgriezeniski sabojātās dabas ainavas;
- gaisa piesārņojumu, CO₂ izmešus;
- klimata izmaiņas;
- un, ka jaunas drošākas kodolēnēģētikas attīstīšanu (piem., torija ²³²Th kā degvielas izmantošanu) apzināti aizkavē militāristu intereses (²³⁹Pu nepieciešams atombumbām)

Lieljaudas kodolskaldīšanas AES būs loģiski slēgt tikai tad, kad sāks darboties kodolsintēzes AES



Vācija – bez kodolenerģijas ?



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv





Lieli projekti prasa atbilstoši lielus izstrādes un ieviešanas laikus



When Fusion works...



► Intrinsic Safety (no chain reaction)

► Reactor far more **complex** than a fission reactor. It **impossible to design small power reactors.**

- *1938 Discovery of Fission*
- *1942 First sustained chain reaction*
- *1956 First Nuclear Plant*

- *2011 Fission generates 14% world electricity*

- *1938 Discovery of Fusion*
- *1960s First Tokamak*
- *2026 First DT Plasma in ITER*

- *2011 Fusion generates 0% world electricity*

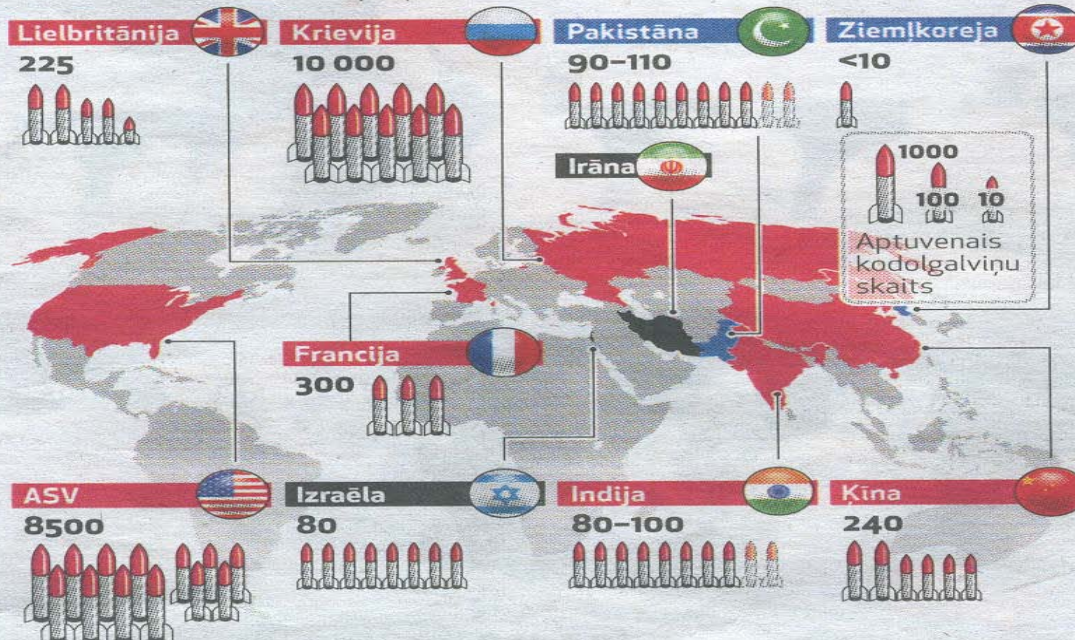


Kodollielvaras



Kodollielvaras

■ Oficiālās kodolvalstis ■ Citas pašpasludinātās kodolvalstis ■ Pašas neatzīst, ka ir kodolvalstis



KODOLIEROČU STĀVOKLIS PASAULĒ 2012. GADĀ (aplēses)

Valsts	Kaujas gatavība (stratēģiskie)	Kaujas gatavība (nestatēģiskie)	Rezervē/ neizvietoti	Militārie krājumi	Kopējais skaits
Krievija	2430	-	3000	5500	10 000
ASV	1950	200	2850	5000	8500
Francija	290	nav paziņots	nav zināms	300	300
Ķīna	0	nav zināms	180	240	240
Lielbritānija	160	nav paziņots	65	225	225
Izraēla	-	nav paziņots	80	80	80
Pakistāna	-	nav paziņots	90-110	90-110	90-110
Indija	-	nav paziņots	80-100	80-100	80-100
Ziemeļkoreja	-	nav paziņots	<10	<10	<10

REUTERS





Asociācijas EURATOM- Latvijas Universitāte (AEUL) atklāšana – 16.janv. 2002



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

Zinātnieki pētīs enerģētikas jomu



LU rektors Ivars Lācis pauž pārliecību, ka Latvijas zinātnieki ar saviem pētījumiem praktiski iesaistīsies kopējā Eiropas attīstībā

Aija LULLE

Latvijas Universitātes (LU) rektors Ivars Lācis vakar atklāja svinīgu pasākumu, kas bija veltīts Latvijas zinātnieku dalībai Eiropas Atomenerģijas kopienas (Euratom) programmā, kas veltīta nākotnes enerģētiskās problēmu risināšanai.

Euratom ir īpaša Enerģijas programmas sadaļa ES 5. ietvara programmā. Tā veltīta nākotnes

enerģētikas problēmu risināšanai. Tā finansējumu nosaka īpašs Eiroparlamenta lēmums.

Latvijas zinātnieku piedalīšanās programmā ir ne vien morāls, bet arī praktisks solis kopējā Eiropas attīstībā, uzsvēr Latvijas Zinātņu akadēmijas (LZA) korespondētājloceklis Jānis Bērziņš.

Vairākas zinātnieku grupas jau 30 gadus veic ar kodoltermisko sintēzi saistītus pētījumus. Kopš 1999. gada zinātnieki aktīvi pie-

dalās Euratom vadāmās kodoltermiskās sintēzes programmā. Šogad darba programmā ietverti 8 no 10 pieteiktajiem projektiem, kuru izpildē piedalās arī Latvijas pētnieki no Cietvielu fizikas institūta, izstrādājot diagnostikas materiālus un metodes, arī starojuma detektoriem un dozimetriem, temperatūras kontroles un citām ierīcēm.

Ar magnetohidrodinamisko parādību pētījumiem projektā piedalās arī Fizikas institūts, ar

kodolsintēzes reaktora blānketa materiālu izturības problēmu pētījumiem piedalās LU Kimijas fakultāte, bet Matemātikas institūts ar lielas jaudas un augstas frekvences elektromagnētisko viļņu generatoru – gitronu parametru aprēķiniem.

Lai nodrošinātu labāku sadarbību starp Euratom un pētnieku grupām minētajos institūtos, tiek slēgti asociācijas līgumi. Divu gadu laikā Latvija projektā varētu saņemt ap 200 000 eiro. ■



28 European countries signed an agreement to work on an energy source for the future:
 EFDA provides the framework, JET, the Joint European Torus, is the shared experiment, fusion energy is the goal.



 Association EURATOM-DAW Austrian Academy of Sciences AUSTRIA	 LPP-ERM/KMS SCK-CEN SPP-LILB Association EURATOM - Belgian State BELGIUM	 Bulgarian Academy of Sciences BULGARIA	 University of Cyprus CYPRUS	 Institute of Plasma Physics Academy of Sciences of the Czech Republic CZECH REPUBLIC	 Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy DENMARK
 TARTU ÜLISKOOLA UNIVERSITAS TARTUENSIS University of Tartu ESTONIA	 Finnish Funding Agency for Technology and Innovation FINLAND	 Commissariat à l'Énergie Atomique FRANCE	 JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM GERMANY	 KIT Karlsruhe Institute of Technology GERMANY	 IPP Max-Planck-Institut für Plasmaphysik GERMANY
 EURATOM Helmskei Republic GREECE	 Hungarian Academy of Sciences HUNGARY	 Dublin University IRELAND	 Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile ITALY	 Association EURATOM - University of Latvia LATVIA	 LEI Lithuanian Energy Institute LITHUANIA
 Ministère de l'Énergie LUXEMBURG	 University of Malta MALTA	 IFPILM EURATOM Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion POLAND			
 Instituto Superior Técnico PORTUGAL	 Ministry of Education and Research ROMANIA	 AECU Comenius University SLOVAKIA			
 sfa+ EURATOM-MHEST Ministry of Higher Education, Science and Technology SLOVENIA	 CIEMAT Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas SPAIN				
 Swedish Research Council SWEDEN	 CRPP Centre de Recherches en Physique des Plasmas SWITZERLAND				
 FOM - Foundation for Fundamental Research on Matter THE NETHERLANDS	 CCFC CULTURA FUSIONIS CENTRE FOR FUSION RESEARCH UNITED KINGDOM				

Our partners:

 ITER FRANCE	 FUSION FOR ENERGY FE, SPAIN
--------------------	--



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



AEUL sadarbībā

ASSOCIATION EURATOM - UNIVERSITY OF LATVIA

AEUL



AEUL



In cooperation with

Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), Lisboa, Portugal;
Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany;
Nuclear Research and consultancy Group (NRG) The Netherlands;
Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik (IPP), Garching, Germany;
ENEA FTU, Frascati, Italy;
IEA University of Maryland, USA

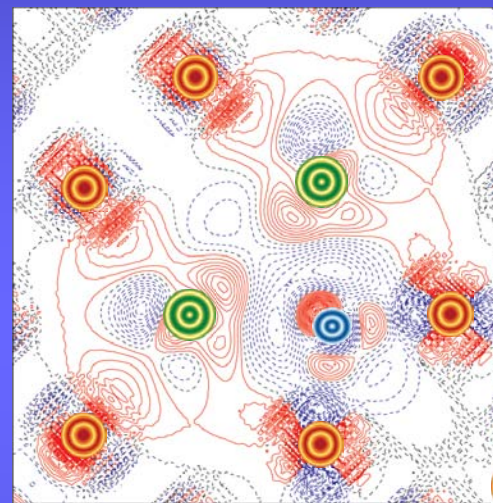
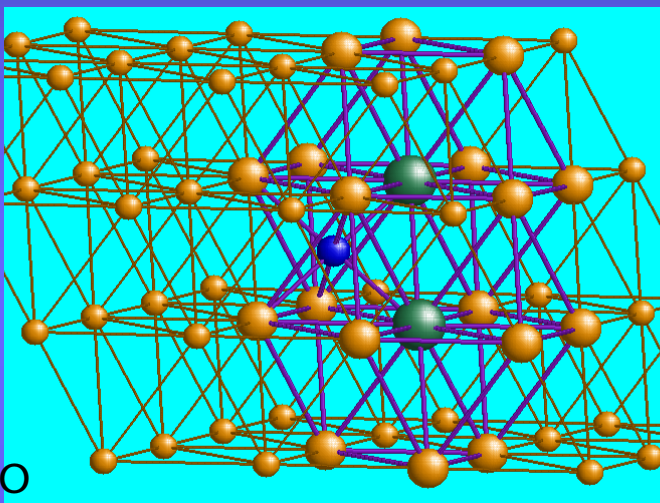


COMPUTER MODELLING OF IMPURITY

CLUSTERS IN ODS STEELS

To simulate theoretically Y_2O_3 nanocluster growth is important for understanding atomistically this process controlled by interactions between different impurities and defects in iron lattice.

www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



For simulation on ODS particle precipitation in Ferrite matrix, a multi-scale modeling is foreseen:

- (i) large-scale first-principle calculations;
- (ii) lattice kinetic Monte-Carlo simulations performed using results of ab initio calculations.



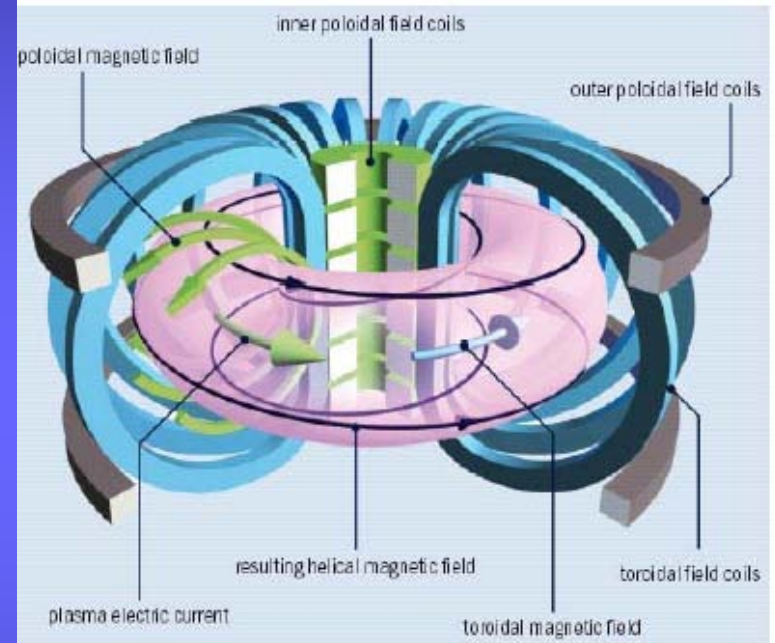
THEORY OF HIGH-POWER GYROTRONS WITH UPTAPERED RESONATORS

Development of high-power high-frequency gyrotrons is strongly driven by the needs of fusion technology.

Gyrotrons are superior to other RF sources in the frequency range relevant for electron cyclotron resonance heating (ECRH), or about 170 GHz for ITER. We participate in the development of the European Gyrotron *in close collaboration with Karlsruhe Institute of Technology (Germany)*.

The main emphasis is put on development of advanced codes for calculating various effects, e.g., onset of stochasticity and hysteresis, in gyrotron resonators.

Scheme of the multiscale simulation of CNT-interconnected IC backend structure

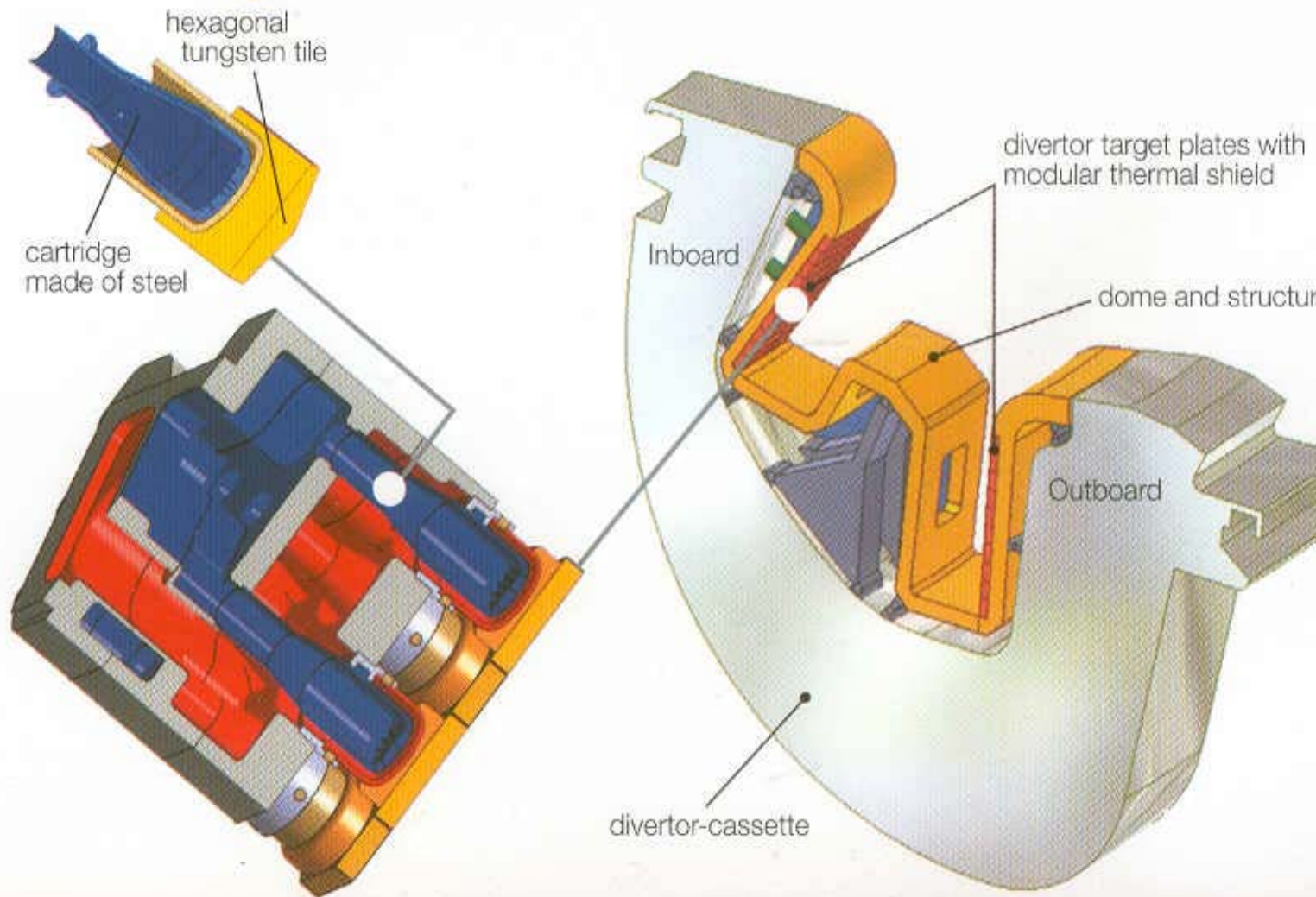




Divertors



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv





Influence of 1,7T magnetic field on corrosion of EUROFER in PbLi



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

**temperature 550°C;
velocity 4 cm/s**

Three sessions are lead each at 550 °C, during 2 000 h, at flow velocity 2,5-5.0 cm /s, B=1.7T.
(EURATOM Projects)

80 samples have been tested and analyzed



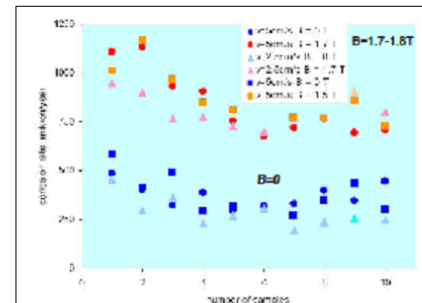
Experimental stand



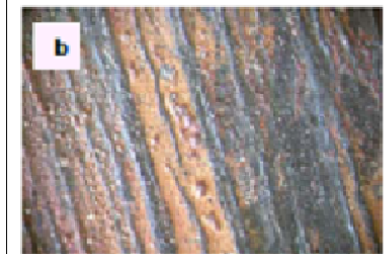
Samples out of the zone of the field (B=0 T)



Samples in the magnetic field (B = 1,7T)



Corrosion rate without and inside the field



Peculiarity of the corrosion structure on the perpendicular to the field (Hartmann) wall



PbLi loop for investigation blanket elements in the strong magnetic field



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



B = up to 5.0T; PbLi temperature = up to 350°C, Velocity of PbLi = up to 1m/s



Stand for liquid metal supported investigations



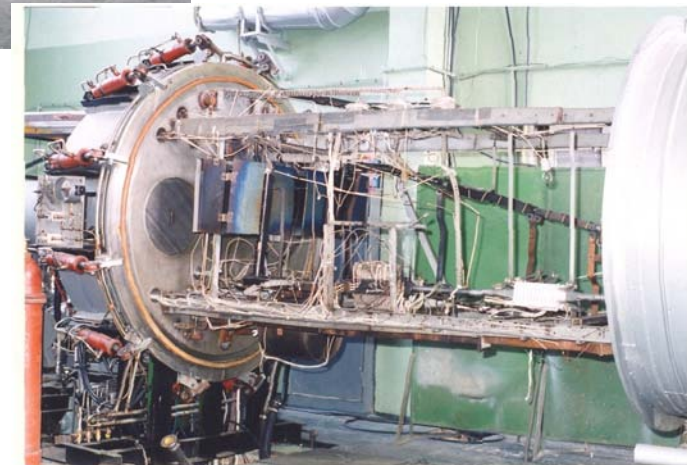
www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



High temperature vacuum stand STL-300
Volume – 12m³
Pressure 5x10⁻⁵ mm Hg



Li loop for testing electromagnetic pumps at temperature up to 1000 °C





AEUL projekti un darba rezultāti



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

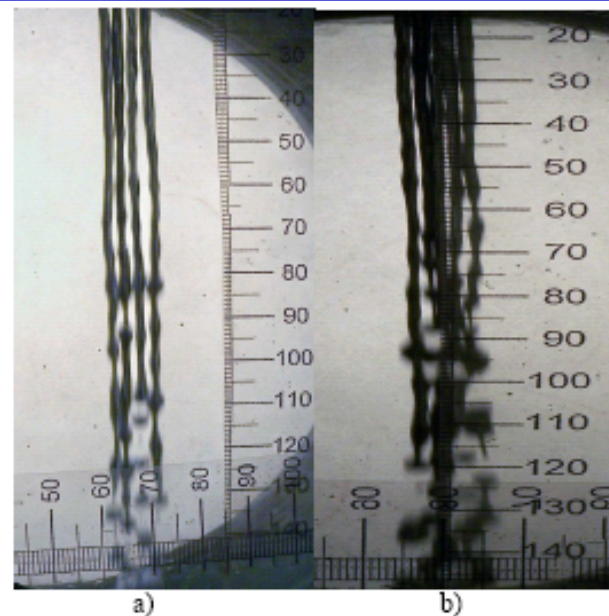
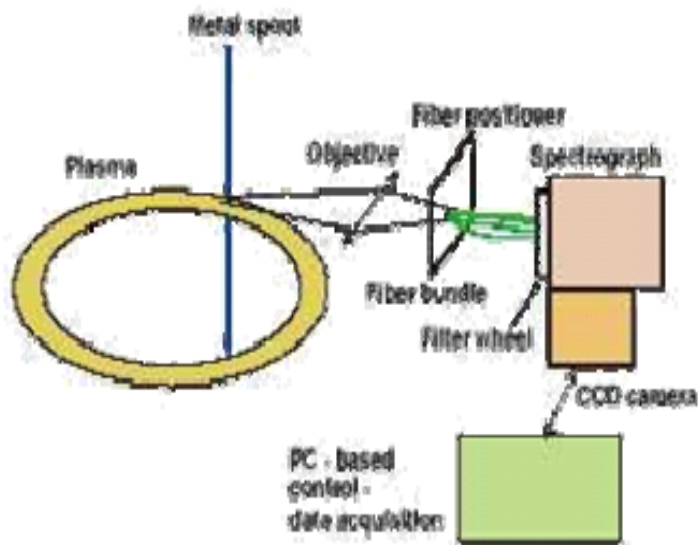
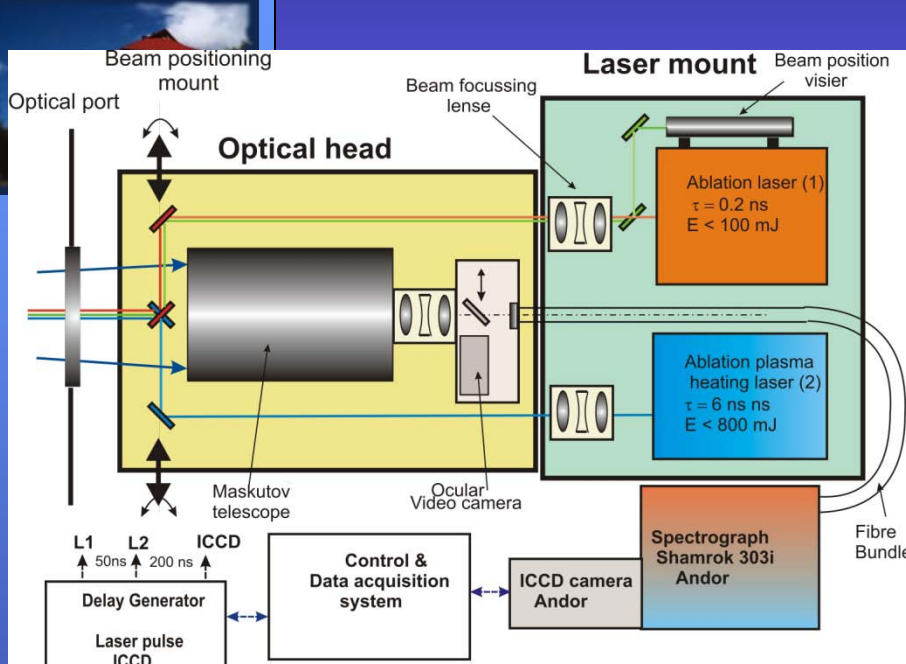


Figure 3.1.2.2 a) Version proposed for installation on ISTTOK: four $d=2.6$ mm jets; BUL ~ 11 cm; v -2.80 m/s; b) version with five $d=2.6$ mm jets; BUL -9 cm; v -2.3 m/s. Photo has been taken under the angle when all jets can be clearly seen. Scales are given both for the break-up length and the side deviation

Diagnostics of ITER wall and blanket using LIBS spectroscopy

Main features of advanced double laser- time resolved - micro- LIBS technique



1. Extremal - single photon sensitivity.
2. High resolution of the elements depth profile
3. Microscale resolved surface distribution of elements

Two sub-nsec. 180 ps YAG lasers.

- 1064; 532; 266 nm harmonics
- tunable pulse energy up to 0.2 J

First laser: layer by layer ablation

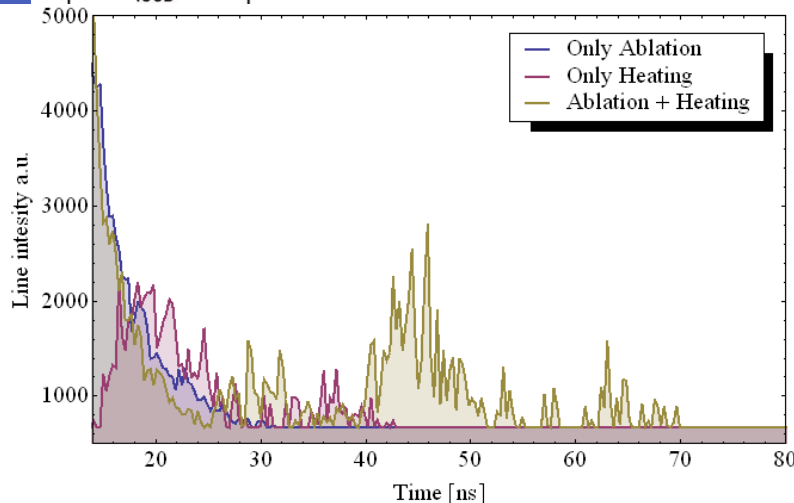
- Thickness of layer removed 150 – 200 μm

Second laser: plasma pulse heating

- Pulse delay and gate window : 0 -20 sec. Resolution 25 ps.

Ablation beam characteristics:

- Gaussian shape
- Focussed beam diameter: 4 mm to 10 mm
- Eliminated interference rings using aspherical object lens





Analysis of Tritium in the Radiation Thermomagnetic Rig under 3 different conditions

- Temperature (1073 K , constant rate $5\text{ K}\cdot\text{min}^{-1}$)
- Temperature and radiation (accelerated electrons ($E=5\text{ MeV}$) radiation of $14\text{ MGy}\cdot\text{h}^{-1}$)
- Temperature and magnetic field ($1.7 - 5.4\text{ T}$)
- **Simultaneous action of all 3 factors: temperature, radiation, magnetic field** and determination of the tritium released and remained in the sample treated in the rig



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



Thermomagnetic rig on the basis of electron accelerator LINAC-4



5.4 T mobile superconducting solenoid magnet



Tritium monitor behind safety wall



10.04.12.

Andris Šternbergs, Zinātnes kafejnīca, ES māja

Kodolsintēze – zvaigžņu enerģija uz Zemes

Kas ir kodolsintēze

Kodolsintēze ir process, kas uztur Sauli un zvaigznes. Tā ir reakcija, kurā divi atomu kodoli saplūst kopā, radot smagāku atomu. Saplūst viegliem atomiem, tādiem kā ūdeņradis, izdalās liels daudzums enerģijas. Kodolsintēze jeb saplūšana ir pretējs process kodolu dalīšanās reakcijām, kurās smagi atomi, tādi kā urāns, sadalās mazākās daļās.

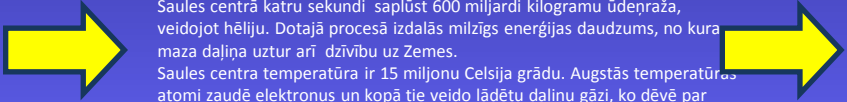
www.cfi.lu.lv
icosp@cfi.lu.lv

Kodolsintēze ir saules enerģijas avots

Saules centrā katru sekundi saplūst 600 miljardi kilogramu ūdeņraža, veidojot hēliju. Dotajā procesā izdalās milzīgs enerģijas daudzums, no kura maza daļiņa uztur arī dzīvību uz Zemes. Saules centra temperatūra ir 15 miljonu Celsija grādu. Augstās temperatūrās atomi zaudē elektronus un kopā tie veido lādētu daļiņu gāzi, ko dēvē par plazmu. Saule ir plazma, tāpat kā zibens vai gāze fluorescējošā gaismas lampā.

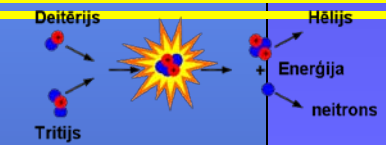
Kodolsintēze uz Zemes

Uz Zemes kodolsintēze var tikt pielietota enerģijas ieguvei, jo nerada "siltumnīcas" efekta gāzes, tās izejvielas ir praktiski neierobežota daudzumā



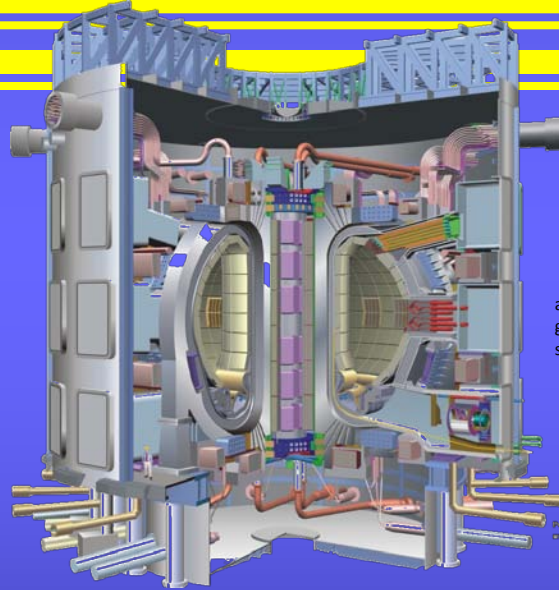
Kāpēc kodolsintēzes enerģijas avotam ir svarīga

Viena no lielākajām mūsdienu problēmām ir enerģijas ieguve – tās patēriņš nemitīgi pieaug, bet tās resursi neizbēgami tuvojas izsīkumam (ogles varētu pietikt līdz 260 gadiem, nafta -80, gāze -120, urāns -70). Kodolsintēzes varētu nodrošināt cilvēci ar efektīvu enerģijas avotu, kura izejvielas ir praktiski neierobežotas. Kodolsintēzes procesā nerodas "siltumnīcas" efekta gāzes, kā arī ilgi dzīvojoši radioaktīvie atkritumi.

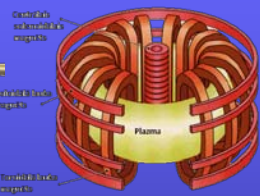


Kodolsintēzes degviela

Kodolsintēzes realizēšanai uz Zemes izmantos ūdeņraža izotopus – deitēriju un tritiju. Abu gāzu maisījumu uzksars līdz ļoti augstai temperatūrai (~100 miljoni °C), kurā tā pāries ceturtajā vielas stāvoklī – plazmā. Deitēriju iegūs no jūras ūdens (33mg/1L ūdens), savukārt tritiju iegūs kodolreakcijās no litiju saturošas keramikas. Gan deitērijs, gan litijs uz Zemes ir praktiski neierobežotā daudzumā.



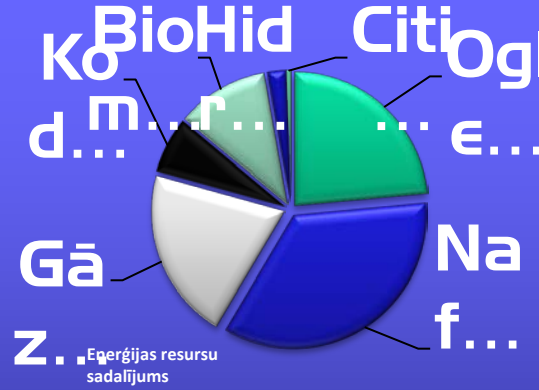
Kodolsintēzes reakcija notiek ļoti augstā temperatūrā - simts miljoni grādos. Tas iespējams tikai plazmā, kura satur deitēriju un tritija kodolus.



Kodolsintēzes enerģētikas pētījumi ir iegājuši noslēguma – inženierisnājumā fāzē. Šobrīd Kadarašā (Francija) tiek būvēts pirmais starptautiskais kodolsintēzes reaktors ITER, uz kura bāzes zinātnieki kopā ar ražotājiem veiks tālākos pētījumus. Ap 2020.gadu būs reaktors DEMO, kurā plāno praktiski iegūt enerģiju, bet ap 2030. – 2040. gadu paredzēts būvēt rūpnieciskos kodolsintēzes reaktorus enerģijas iegūšanai.

Plānotais reaktors būs Tokamaka* tipa, kur plazmas ierobežošana jeb saspišana notiek magnētiskā lauka iedarbībā

* no kriev. val. тороидальная камера в магнитных катушках





THE ENERGY SYSTEM OF THE FUTURE



25 gadi pārejas korporācijai uz tīro (clean) enerģiju:
solar, biomass, fuel cell, hydrogen, biogas,
and renewable energy markets association +
kodolenerģija (bāzes enerģija)



KODOLENERĢIJA - nākotnes enerģija



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv



10.04.12.

Andris Sternbergs, Zinatnes karejņiņa, ES māja



www.cfi.lu.lv
issp@cfi.lu.lv

