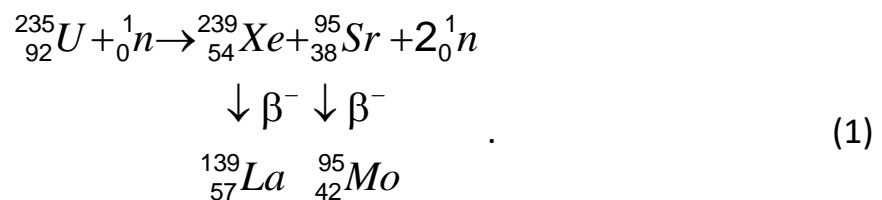


Cursul 12.1 Reactorul nuclear

Reactorul nuclear

Alături de instalații mari pentru prepararea, îmbogățirea, fabricarea, tratarea sau stocarea combustibilului nuclear, instalații mari conținând materiale radioactive sau material fisionabile și acceleratoarele de particule, Reactorul nuclear este considerat, conform standardelor IAEA, o instalație nucleară.

Reactorul nuclear este definit ca un dispozitiv care eliberează energie nucleară pe baza reacțiilor în lanț, la care participă elementele fisionabile și neutronii. Un exemplu de o astfel de reacție este prezentat mai jos:



Componente esențiale ale unui reactor nuclear sunt:

1. **Zona Activa** cu elementele principale:

- **Combustibilul nuclear** care poate dașă fie oxid de uraniu pastilat și introdus în teci de oțel inoxidabil sau zircaloy ($\text{ZrH}_{1.65}$) dispuse după o anumită geometrie care să permită o reacție în lanț.
- **Moderatorul** (în cazul reactorilor termici) are rolul de a scădea energia neutronilor de fisiune până la energia termică prin ciocnirile elastice ale neutronilor. Este construit din materiale din elemente ușoare: apa, apa grea, oxidul de beriliu sau grafitul.
- Reflectorul are rolul de a minimiza pierderile neutronilor din zona

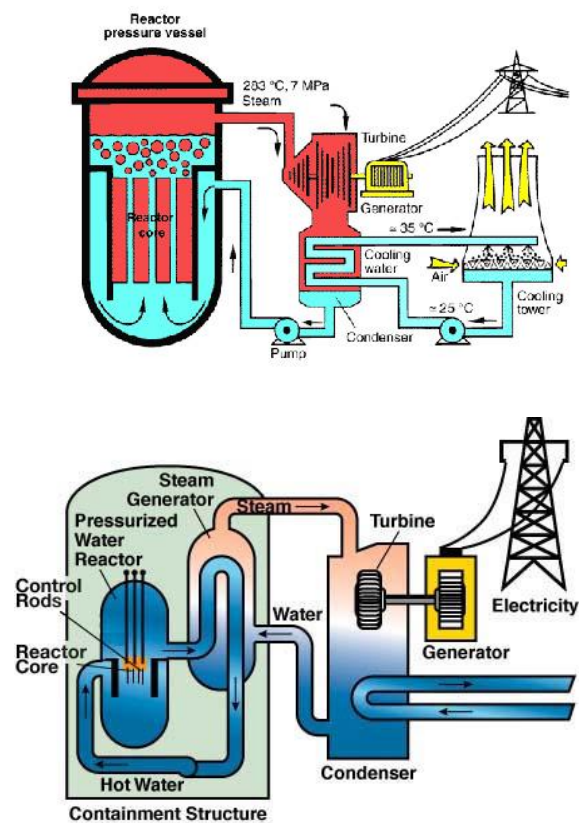


Fig. 1 Schema de principiu a reactoarelor nucleare.

activă. Este înconjurată de un înveliș cu rolul de a reflecta neutronii. În cazul reactorilor cu neutroni termici, chiar moderatorul are și rolul de reflector. Pentru reactorii rapizi, reflectorul, este construit din materiale cunumăr atomic mare și secțiune de captură pentru neutronii rapizi, mică.

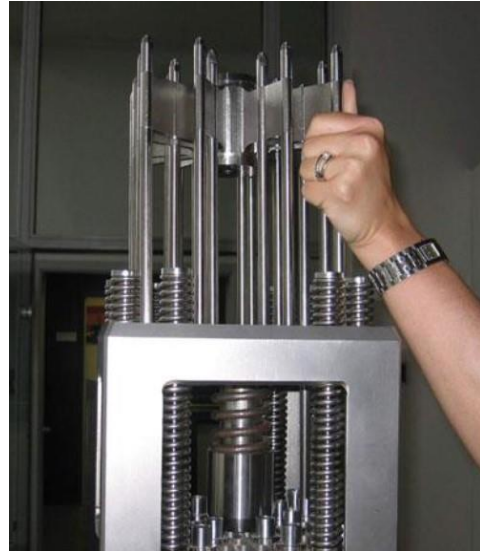
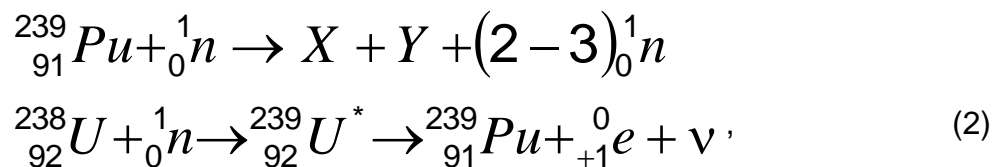


Fig. 2 Bare metalice ale sistemului de control și reglare.

2. **Sistemul de control și reglare a reacției în lanț** este format din bare metalice care conțin elemente cu putere mare de absorbție a neutronilor (bor, cobalt, hafniu, dysprosiu, gadoliniu, samariu, erbiu și europium), sau alte aliaje și compuși ca de exemplu oțel cu conținut înalt de bor, oțelaliat-indiu-cadmium, boron carbide, zirconium diboride, titanium diboride, hafnium diboride și titanat de dysprosiu.
3. **Sistemul de răcire** este construit din materiale ca: Apa ușoară la 155 bar, Mercur, NaK eutectic (amestec de substanțe sau elemente chimice cu punctul de topire cel mai scăzut dintre toate compozițiile posibile din acele substanțe); Sodiu; FLiBe; Plumb, Plumb-bismut eutectic.
4. **Protectia biologică**

Reactori reproducători

Un tip eficient de reacție nucleară, în care combustibilul nuclear este obținut ca și rezultat de reacție nucleară este folosit în așa numiții reactori reproducători. Un exemplu de reacție nucleară care are loc într-un astfel de reactor este aceea în care în primă fază ${}^{239}_{91}\text{Pu}$ este bombardat cu neutroni:



neutronii rezultați sunt folosiți și pentru excitarea ${}^{238}_{92}\text{U}$ care se dezintegrează β^+ ducând la formarea combustibilului ${}^{239}_{91}\text{Pu}$.

Clasificarea reactorilor

Criteriul de clasificare	Clasa reactorilor
Energia neutronilor care produc fisiunea (En)	<i>Reactori cu neutroni termici -TR (thermal reactor);</i>
	Reactorii cu neutroni rapizi - FBR (fast breeder reactor);
Natura combustibilului nuclear - gradul de îmbogățire a combustibilului nuclear în izotopul ^{235}U (elementele fisionabile: ^{233}U , ^{235}U și ^{239}Pu , dintre care numai ^{235}U se găsește în natură, ^{233}U și ^{239}Pu se formează în reactor)	Reactori cu combustibil puternic îmbogățit (90% ^{235}U);
	Reactori cu combustibil mediu îmbogățit (5÷20 % ^{235}U);
	Reactori cu combustibil slab îmbogățit (1÷2% ^{235}U);
	Reactori cu uraniu natural (0.71% ^{235}U);
	Reactori cu ^{239}Pu ;
	Reactori cu ^{233}U ;
Tipul de moderator utilizat	Apă (H_2O);
	Apă grea (D_2O);
	Beriliu;
	Grafitul;
Structura zonei active	omogeni;
	Heterogeni;
Natura agentului de răcire	Apă
	Apă grea
	Metale lichide (sodiul)
	Substanțe gazoase (heliul, bioxidul de carbon)
Puterea reactorului	Putere zero folosiți în cercetare;
	Reactori de putere medie;
	Reactori de mare putere;
Criticitate	Subcritic;
	Critic;
Domeniul de utilizare	<i>Producerea energiei electrice (peste 12% din energia electrică);</i>
	Producerea de ^{239}Pu (reactor folosiți în domeniul militar);
	Reactori folosiți în propulsia navelor marine (submarine, portavioane, etc.);
	Reactori destinați cercetării științifice și producției de radioizotopi (circa 326 reactori aflați în 55 țări);

Schema reactorului CANDU

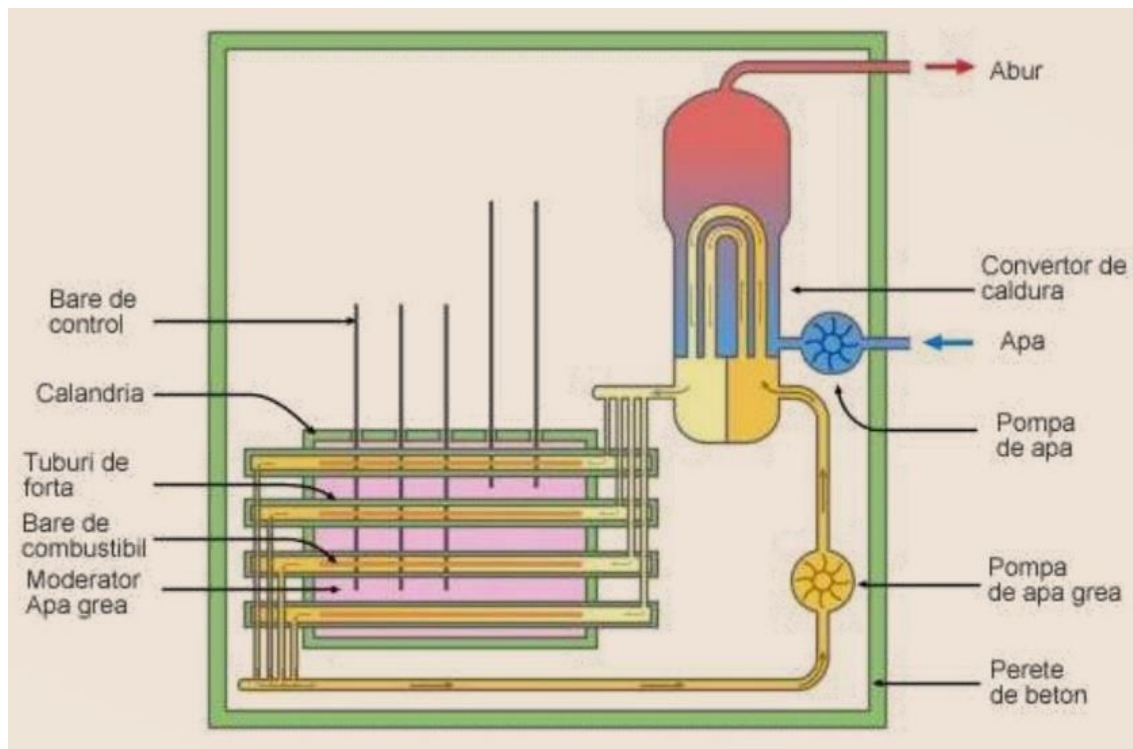


Fig. 3 Scema de principiu și elementele unui reactor CANDU (Canadian-Deuterium-Uranium).

Centralele atomo-electrice

Tipul de reactor	Țări principale	GeV	Combustibil	Răcire	Moderator
Reacor cu apa sub presiune (PWR)	SUA, Franța, Japonia, Rusia, China	251.6	UO ₂ îmbogățit	Apă	Apă
Reactor cu apă în fierbere	SUA, Japonia, Suedia	86.4	UO ₂ îmbogățit	Apă	Apă
Reactor cu apă grea sub presiune (CANDU)	Canada, Romania (Cernavodă)	24.3	UO ₂ natural	Apă grea	Apă grea
Reactor racit cu gaz (AGR și Magnox)	Marea Britanie	10.8	U Natural și UO ₂ îmbogățit	CO ₂	Grafit
Reactor cu grafit și apă ușoară (RBMK)	Rusia	12.3	UO ₂ îmbogățit	Apă	Grafit
Reactor cu neutroni rapizi (FBR)	Japonia, Franța, Rusia	1.0	PuO ₂ și UO ₂	Na lichid	Grafit

Bibliografie

1. Prof. Dr. Grigore Damin, UBB, Note de curs Online, (Curs de Fizica Nucleara)
<http://www.phys.ubbcluj.ro/~grigore.damian/lectures.html>.
2. Simona Cornelia Nicoara, Fizica Mediului si Habitatului, Ed. Risoprint 2002.
3. Onuc Cozar, Note de curs, 1996.
4. Valdimir Znamirovski, Note de curs, 1995