

PLASMA IN NATURA.ELEMENTE DE ASTROFIZICA

Plasma este considerata a patra stare de agregare a materiei, in care o parte sau toti atomii ori moleculele sunt dissociati ,formand ioni.Plasmele sunt alcatuite dintr-un amestec de particule neutre,ioni pozitivi si electroni.

Plasma este conductoare de electricitate,dar un volum de plasma cu dimensiuni mai mari decat asa numita "lungime Debye" se va comporta neutru din punct de vedere electric.La nivel microscopic,corespuzator unor distante mai mici decat lungimea Debye, particulele de plasma nu se comporta unitar ci reactioneaza individual sub actiunea unei forte,de exemplu un camp electric.

- plasma pe Pamant

De obicei fenomenele plasmaticе nu se petrec pe Pamant in mod natural,cu exceptia fulgerelor.In timpul descarcarilor electrice se formeaza dare subtiri de molecule de aer ionizate in procent de aproximativ 20%.



Un alt fenomen plasmatic este fulgerul globular,dar despre el se stiu foarte putine lucruri . Aurora boreala este cauzata de ionizarea gazelor interstelare in contact cu paturile superioare ale atmosferei terestre,ducand la spectaculoase efecte optice dar si la interferente electromagnetice puternice.

In laborator plasma poate fi creata aplicand un camp electric unui gaz inert la presiune joasa,principiu folosit la lampile cu neon.O alta metoda consta in incalzirea gazului inert pana la temperaturi foarte mari.De obicei,temperaturile necesare sunt prea mari pentru a fi aplicate extern si atunci gazul este incalzit intern prin injectia de ioni sau electroni de mare viteza care se ciocnesc cu particulele de gaz,crescandu-le energia termica.Electro-

nii din gaz pot fi accelerati si prin campuri electrice exterioare.Ionii din astfel de plasmе sunt folositi in industria semiconductorilor.

In plasmеle foarte fierbinti particulele acumuleaza suficienta energie pentru a se angaja in reactii nucleare in timpul ciocnirilor.Astfel de reactii sunt sursa de caldura in miezul stelar.De aceea oamenii de stiinta incearca sa recreeze plasmе artificiale in laborator pentru ca reactiile de fuziune sa produca energie pentru obtinerea de electri-citate.

Sonda DEEP SPACE 1,lansata de SUA in 1998 a fost prima(si deocamdata singura) nava echipata cu un reactor plasmatic.Dezvoltarea acestor tehnologii va impulsiona cercetarea spatiaa.

- **plasma in Univers**

Desi pe Pamant plasma se gaseste in cantitati neglijabile ,ea constituie 95% din materia Universului.Este constituentul stelelor si a norilor interstelari ionizati.

Ramura astronomiei care se ocupa cu studiul stelelor si a materiei interstelare impreuna cu procesele care au loc in ele se numeste astrofizica.

Clasificarea stelelor se face in functie de spectrul lor.Astfel,exista urmatoarele clase:O-B-A-F-G-K-M.Fiecare clasa are 10 subclase desemnate prin cifre 1-10

clasificare spectrala

-TIPUL O-au o temperatura de 25.000 K

-stele albastre

-spectrul fotosferei este caracterizat de prezenta liniilor heliului,hidrogenului, oxigenului si azotului

-sunt foarte fierbinti si stralucitoare,emitand mari cantitati de radiatii UV.

-TIPUL B-temperatura intre 11.000-25.000 K

-liniile heliului din spectru ating un maxim de intensitate si apoi palesc

-intensitatea liniilor de hidrogen creste regulat

-reprezentat tipic de steaua Epsilon Eridani

-TIPUL A-temperatura intre 7.500-11.000 K

-stele albe,numite si stele de hidrogen

-spectrul este dominat de liniile de absorbtie ale hidrogenului

-Sirius din constelatia Cainelui este o stea tip A

-TIPUL F-temperatura intre 6.000-7.500 K

-stele galbene caracterizate de prezenta calciului si de linii specifice ale hidrogenului

-Delta Aquilae apartine acestei categorii

-TIPUL G-temperatura intre 5.000-6.000 K

-stele galbene cu liniile hidrogenului mai putin pronuntate dar cu o banda larga pentru fier,calciu si alte metale.

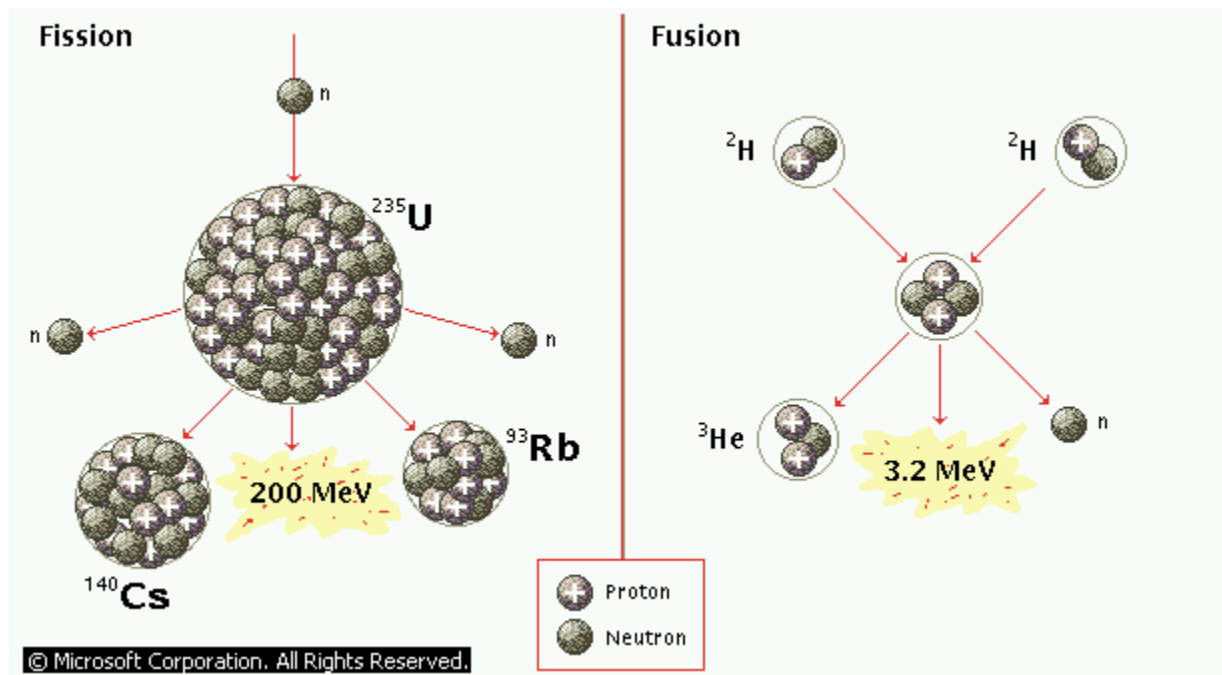
- Soarele este o stea de tip G
- stelele de tip G se mai numesc si solare

- TIPUL K-temperatura intre 3.500-5.000 K
- stele portocalii cu mult calciu si metale mai grele
- emit mai intens in IR decat in UV
- acest grup are ca reprezentant tipic steaua Arcturus

- TIPUL M-temperatura de 3.500 K
- spectrul e dominat de emisia moleculelor de oxizi metalici,in special oxizi de titan.
- steaua Orion apartine acestui grup

Nasterea si evolutia unei stele

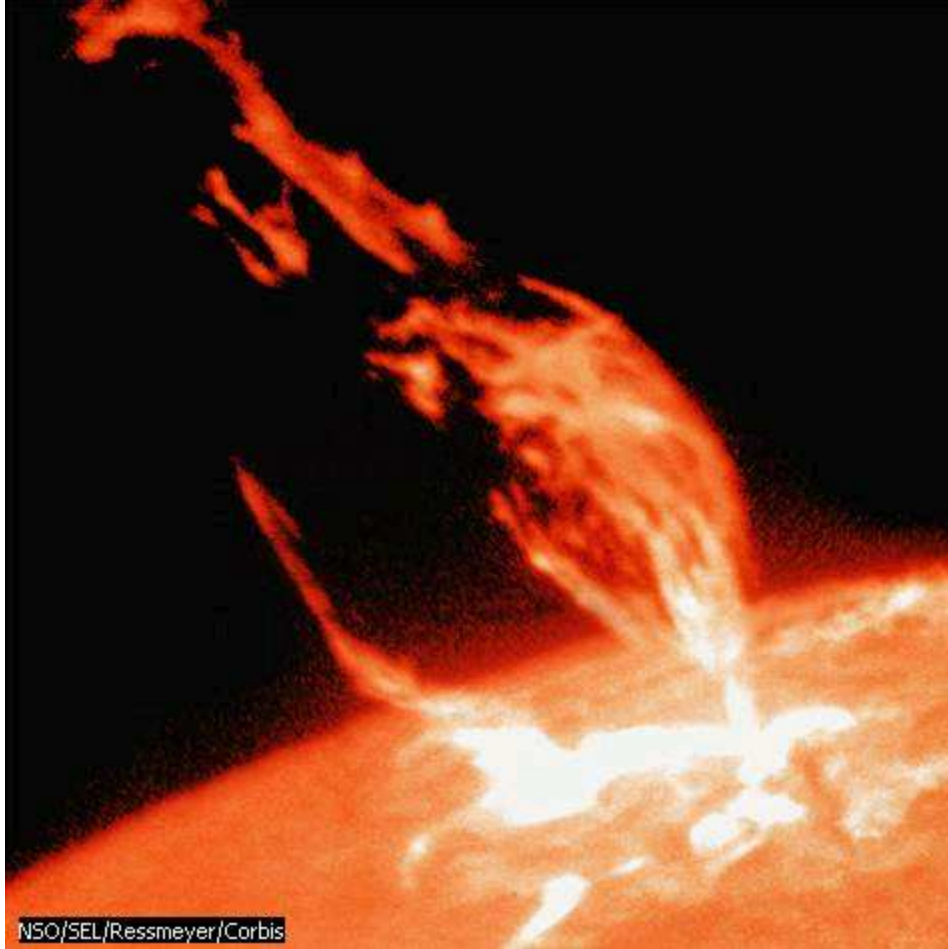
O stea se formeaza dintr-un nor de materie interstelara care se comprima pana la faza in care intervin procese termonucleare in cadrul carora hidrogenul se transforma in heliu.Sub actiunea fortei gravitationale, particulele de materie se atrag formand aglomerari.In centrul unui asemenea nor concentrat de materie cosmica se formeaza pana la urma un miez in rotatie ,care,pe masura ce devine mai mare,atrage tot mai multe particule de materie spre sine(efectul "bulgare de zapada").In timp ce miezul central creste intr-un ritm urias,presiunea si temperatura ating valori tot mai mari,pana ajung la limitele de la care se declanseaza transformari la nivel atomic.Materia interstelara este compusa in cea mai mare parte din hidrogen si acesta va constitui combustibilul viitoarei stele. Temperaturile din miez determina procese de fuziune:patru protoni(nuclee ale atomilor de hidrogen) fuzioneaza,formand un atom de heliu.



Prin aceasta reactie se elibereaza mari cantitati de energie sub forma de radiatii,inclusiv lumina.Ele strabat materia stelara spre suprafata si sunt apoi emise in spatiu.La asemenea temperaturi se poate ajunge doar atunci cand cantitatea de materie aglomerata

este suficient de mare;daca masa acumulata este inferioara,obiectul astronomic respectiv nu va ajunge niciodata o stea,ci va strabate Universul doar ca un corp intunecat.

In cazul unei stele,cu cat este mai mare temperatura,cu atat reactiile nucleare se produc mai rapid.De indata insa ce rezervele de combustibil incep sa scada,se reduce concomitent si degajarea de energie iar fortele gravitationale devin preponderente.Datorita dezechilibrului dintre forte,dimensiunile stelei se restrang tot mai mult ,nucleul ei devenind tot mai comprimat.Acest proces ridica,la randul lui,din nou temperatura,si din nou sunt declansate procesele de fuziune,iar presiunea radiatiilor impinge masele de gaze spre exterior-pana cand reactia atomica slabeste si procesul se repeta.O stea nou-nascuta se dilata de mai multe ori pana cand se realizeaza un echilibru intre emisia de energie de la suprafata stelei si producerea de energie in interior.



La inceput,masa stelei este compusa,in principal,din hidrogen,care este si combustibilul nuclear de baza.La un moment dat inasa tot hidrogenul din vecinatatea nucleului s-a transformat in heliu prin fuziune.Forta de gravitatie comprima tot mai mult steaua si concentreaza astfel materia,acest proces determinand la randul sau o mare crestere a presiunii si temperaturii.La 50 milioane grade C heliul se "aprinde" si degaja noi cantitati de energie.Nucleele de heliu fuzioneaza prin intermediul anumitor nuclee intermediare,formand nuclee de carbon.Se formeaza elemente tot mai grele,pana cand,in final toata materia transformabila devine fier(presupunand existenta in permanenta a unor temperaturi suficient de ridicate).Nucleele de fier nu mai intra in procese de fuziune-moment foarte important in evolutia stelei.

Viata unei stele este invers proportionala cu marimea sa.Cu cat steaua este mai mare cu atat procesele nucleare sunt mai violente si combustibilul astrului se termina mai re-

pede. O stea de tipul Soarelui are o durată de viață de circa 10 miliarde de ani. O stea cu o masă de 10 ori mai mare ca a lui are însă o durată de viață de numai 100 milioane ani.

Evoluția unei stele depinde de masa ei. Aștrii cu dimensiuni de până la 2.5 ori masa Soarelui se comportă asemănător. Când rezervele de hidrogen se epuizează, heliul începe să ia parte la reacțiile de fuziune. Steaua astfel renașcută este de o sută de ori mai puternică decât înainte și începe să se dilate sub presiunea gazelor. Steaua în expansiune radiază puternic în banda roșie a spectrului, motiv pentru care astronomii au botezat-o "uriasa roșie"; acest fapt arată că acum suprafața acestei stele este mai rece decât cele ale stelelor obișnuite. Aștrul pierde cantități imense de energie sub formă de radiație și combustibilul este pe sfârșite. După epuizarea totală a acestuia, steaua începe să se contracte, deoarece nu mai există presiune care să contracareze forța gravitațională. Emisia de energie continuă din cauza contractiei progresive.

Electronii, care împreună cu nucleele atomice formează plasma din care este alcătuită steaua, se supun principiului de exclusiune al lui Pauli: doi electroni cu aceleași numere cuantice nu pot exista într-un singur atom. În cazul unei temperaturi joase și al unei densități mari, mulți electroni din aceeași unitate de spațiu au viteze egale. Ei se resping și determină presiunea gazului electronic. Această stare poartă numele de degenerare. Presiunea parțială a gazului electronic degenerat împiedică comprimarea în continuare a stelei chiar și atunci când ea s-a răcit complet. Rezultatul tuturor acestor procese este o minieră supradensă, numită "pitică albă". Ea reflectă o lumină alb-albastruie și uneori poate fi înconjurată de o nebuloasă înelară strălucitoare (o mică parte a învelisului stelar care la comprimarea uriașei roșii a fost respinsă). Reacțiile nucleare odată încheiate, pitică albă se răcește treptat de-a lungul a miliarde de ani, devenind tot mai întunecoasă, și până la urmă invizibilă.

Prima pitică albă descoperită a fost Sirius B în constelația Căinele Mare. Pe baza observațiilor s-a calculat densitatea medie a acestei stele ca fiind de 230 kg/cm^3 . Această densitate foarte mare se explică prin depozitarea atomilor de învelisul lor de electroni care ocupă mult spațiu, rămânând lipiți unul de altul, nucleu lângă nucleu.

- Evoluția stelelor cu masă mai mare decât masa Soarelui

Pentru stelele cu masă mare, gravitația, în cursul procesului de răcire, atinge valori atât de mari încât presiunea gazului electronic degenerat nu mai este suficientă pentru crearea unei stări de echilibru. În acest fel steaua devine instabilă. Straturile ei exterioare încep să se prăbușească spre interiorul stelei. Încep să se producă reacții prin care este absorbită energie. Protonii din nucleele atomice atrag electronii, devenind neutroni. Nucleele complexe se sparg; apar particule elementare care în condiții normale s-ar dezintegra de îndată, dar care, în cadrul substanței stelare superdense, sunt împiedicate să o facă. Odată intervenită instabilitatea, substanța respectivă atinge într-o zecime de secundă densitatea nucleului atomic, adică 100 de miliarde kg/cm^3 . Dacă masa aștrului nu depășește de mai mult de două ori masa Soarelui, comprimarea se oprește de îndată ce s-a atins această densitate. Steaua devine foarte mică, diametrul ei nedepășind $10\text{-}30$ km. Acest stadiu de evoluție poartă numele de stea neutronică.

Stelele cu masă mult mai mare decât Soarele devin instabile în timpul procesului de comprimare, declanșându-se reacții în lant care au ca rezultat explozia aștrului. Procesul poartă numele de supernovă. Explozia durează câteva luni, timp în care steaua muribundă strălucește mai puternic decât galaxiile întregi, fiind vizibilă uneori și în timpul zilei. Novele și supernovele sunt cele mai violente procese care au loc în spațiu.

Prima supernovă menționată în istorie este "steaua nouă" apărută în 1054 și observată de astronomii chinezi. Pe baza calculelor și a observațiilor recente s-a stabilit că steaua explodată făcea parte din constelația Taurul. În prezent nebuloasa Crăbuleț este formată din resturile acestei catastrofe cosmice. Alte două fenomene asemănătoare au fost ulterior observate de astronomul danez Tycho Brahe în 1572, și de germanul Johannes Kepler în 1604. Din 1850 au fost observate peste 150 de nove, culminând cu Nova Cygni din 1975,

**cea mai
stralucitoare.**



Photo Researchers, Inc.; Ronald Royer/Photo Researchers, Inc.; Robert H. McNaught/Science Source/Photo Researchers, Inc.

stea in formare

secventa principala

nebulosa planetara

Supernovele sunt importante pentru ca in cadrul lor se formeaza elementele chimice mai grele decat fierul. Pe de alta parte, unda de soc a supernovei care intersecteaza un nor de materie interstelara poate da impulsul necesar procesului de condensare. Astfel, moartea unei stele poate da nastere unei noi.

Exista o teorie pentru stelele cu masa de peste 100 mase solare care presupune ca in timpul colapsului forta gravitationala atinge valori imense care provoaca prabusirea stelei in ea insasi. Astfel toata masa stelei este redusa la un punct iar gravitatiea este atat de mare incat nici fotonii nu mai pot scapa atractiei gravitacionale. Se formeaza in acest mod o gaura neagra, stea care se manifesta doar prin camp gravitacional si moment cinetic. Acest model teoretic castiga tot mai mult teren in ultima vreme si este folosit pentru explicarea unor anomalii observate. Inca nu a fost detectata nici o gaura neagra dar rezultatul negativ se poate explica prin lipsa emisiei de radiatie electromagnetica a fostei stele.

Gaurile negre, quasarii, pulsarii, antimateria si clarificarea Big-Bangului sunt directiile majore din astrofizica moderna.