

Burimi i energjisë në yje dhe ekuilibrimi i tyre

Mr. Sahudin M. Hysenaj

8 shkurt 2009

Përmbledhje

Jemi dëshmitarë të përvojës se si yjet shkëlqejnë mbi ne, shkëlqim i cili vazhdon me miliarda vite. Në shikim të parë yjet shihen vetëm si pika të ndritshme të cilave mund t'ua caktojmë pozicionin dhe nganjëherë edhe lëvizjen. Në ditët e sotme, për këto pika të ndritshme respektivisht për yjet si dhe për trupat e tjerë qiellorë mund të marrim informacione sa u përket përbërjes kimike të tyre, kushteve fizike (temperaturës T , presionit p , fushës magnetike, densitetit ρ etj.) dhe lëvizjes së tyre, por gjithmonë duke e pasur parasysh se të vetmin informacion që e marrim për trupat qiellorë e marrim me anë të spektrit të rrezatimit elektromagnetik që vjen nga trupat qiellorë, kryesisht dritë që na lejon t'i shohim ata. (Shih tabelën në leksionet paraprake)

Për shkak të temperaturës së lartë në brendinë e yjeve, përkatësisht në bërthamën e yjeve, atomet e gazit pothuajse të tëra janë të jonizuara. Andaj kjo gjendje e materies quhet PLAZMË e cila njëherit është edhe gjendja e katërt agregate e materies dhe në njësi të masës përmban më së shumti sasi të energjisë.

Yjet janë lëmshe kolosale plazme d.m.th. gaz i përbërë nga bërthama atomeve dhe nga elektrone me gravitet stabil, të cilët emitojnë energji elektromagnetike më shpejtësi të dritës. Yjet na qenkan vetëm lëmshe të gazrave të nxehta madje 98 % e materialit kozmik është e përqendruar në këto lëmshe të gazit, përkatësisht në këto sfera të gazit.

Që të vijë gjer në tokë drita e tyre duhet udhëtuar nëpër hapësira ndëryjore shumë vite, në ndonjë rast edhe qindra mijë e miliona vite. Por kjo botë e madhe është e lidhur ngushtë me jetën në planetin tonë. Dikush prej jush mund të çuditet kur ta kuptojë se çdo molekulë në trupin e njeriut përmban në vete atome nga shpërthimi i ndonjë ylli.

1 Përbërja e brendshme e yjeve

Vazhdimisht Dielli ynë për çdo sekondë emiton sasi kolosale të energjisë, andaj në diellin tonë gjithashtu edhe në yjet e tjerë duhet të ekzistojë një burim i energjisë dhe nga ky burim pa ndërprerë dhe gradualisht emitohet drita.

2 Burimi i energjisë në yje

Të vetmet burime të energjisë në yje janë : Ngjeshja gravitacionale dhe reaksionet termobërthamore të fuzionit; Ngjeshja gravitacionale është aktuale përdërisa në brendinë e yjeve të sigurohet presion dhe temperaturë e nevojshme dhe e mjaftueshme për fillimin e reaksioneve termobërthamore.

Pra, në brendinë e yjeve ku temperatura arrin vlerën qindra miliona gradë, ndërsa presioni qindra trilionë paskalë, lindin reaksionet termobërthamore të fuzionit që nënkuptojnë bashkimin e elementeve të lehta në ato të rënda.

Ndër reaksionet më të thjeshta termobërthamore është kur katër atomet e hidrogjenit bashkohen në një atom të heliumit dhe si rezultat i kësaj dukurie çlirohet një sasi shumë e madhe e energjisë dhe këto reaksione quhen *reaksione proton-proton* ($p - p$).

Energjia e çliruar gjatë këtyre reaksioneve kalon nga brendia në shtresat e sipërme të yllit nga ku rrezatohet. Më konkretisht, ndryshimi i masës Δm në mes të bërthamës së heliumit dhe katër bërthamave të hidrogjenit, përkatësisht katër protoneve që e formojnë atë (Δm defekti i masës), sipas formulës së Albert Anshajnit i përgjigjet ndryshimi i energjisë $\Delta E = \Delta mc^2$ e cila emitohet në formë të γ -kuanteve.

Kushdo nga ne ndonjëherë sapo e përmend bombën atomike apo kujton gjenialin e të gjitha kohërave, Albert Ajnshtajnin, doemos i kujtohet lidhja e famshme $E = mc^2$ e cila përbën bazën e shfrytëzimit të energjisë bërthamore, në centralet bërthamore dhe te bomba atomike.

Tek reaksioni proton- proton ($p - p$) treguam se kemi të bëjmë me bashkimin e katër protoneve, në fakt kur dy ngarkesa pikësore apo pintuale janë të vendosura në një largësi r në mes vete, ato do të tërhiqen apo refuzohen në mes vete, varësisht nga lloji i elektricitetit të tyre me një force elektrike, ku në rastin tonë kemi bashkimin e katër protoneve, gjegjësisht katër ngarkesave elektropozitive, ku logjikisht ato duhet të refuzohen, por temperatura shumë e madhe e gazit lejon bashkimin e tyre, pra bashkimi i tyre mundësohet vetëm nëse temperatura e gazit është tepër e madhe dhe mu për këtë këto reaksione quhen *reaksione termobërthamore*.

LLOJI I REAKSIONIT	ENERGJIA E LIRUAR	KOHA E JETËS
${}^1_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^2_1H + e_+$	1.44 MeV	4 miliard vite
${}^2_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^3_2He + \gamma$	5.49 MeV	6 sekonda
${}^3_2He + {}^3_2H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_1H + {}^1_1H + \gamma$	12.85 MeV	një milion vite

Tabela 1: Cikli proton-proton

Bashkimi i dy protoneve formon deuteriumin, më pastaj deuteriumi bashkohet me

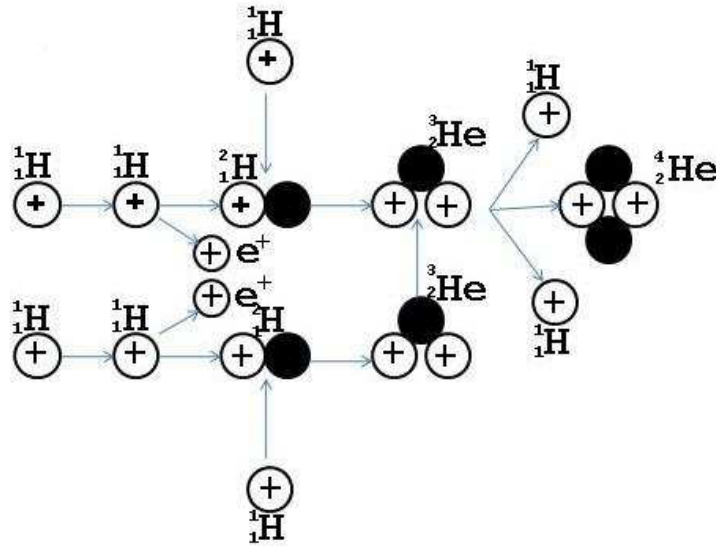


Figura 1: Reaksioni proton-proton

protonin e tretë dhe si rezultat i kësaj lind izotopi i lehtë i heliumit. Nga bashkimi i dy bërthamave të lehta të heliumit formohet bërthama e atomit normal të heliumit dhe nga reaksioni ndahen dy protone të cilat prapë se prapë mund të kthehen në reaksion.

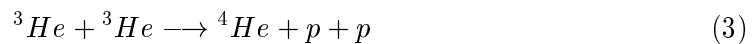
Ky reaksion bërthamor është burim i energjisë në diellin tonë dhe pa ndonjë shqetësim sasia e hidrogjenit në diell premtan edhe gjashtë-shtatë miliardë vite. Respektivisht në temperaturë prej $1410^6 K$ në qendër të diellit në një zonë rreth $1/3$ e rrezes së diellit rrjedh p-p cikli



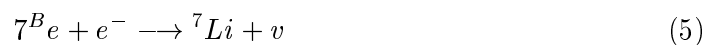
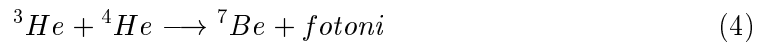
Neutrino bashkëvepron vështirë me grimcat e tjera, andaj vështirë edhe analizohet në fakt është grimcë elementare pa ngarkesë elektrike dhe masë rreth 10^{-5} e masës së elektronit ose $m\nu = 10^{-5}m_e$ pjesa e dytë e p-p ciklit është:



Dhe reaksioni i fundit është :



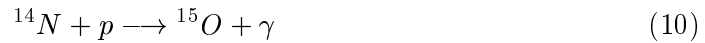
Neutrino i ndarë nga reaksioni (1) quhet p-p neutrino. Është i mundur edhe versioni tjetër i p-p ciklit :



Neutrino i liruar nga reaksioni i fundit quhet neutrino i berliumit



Nga relacioni i fundit lirohet i ashtuquajtura neutrino i Borit. Rrjedhja e reaksionit (1) dhe (3) jep energji e cila siguron 83% të dritës së diellit, reaksioni i fundit 15% dhe 2% i mbetur sigurohet nga cikli karbono- azotik (CNO)



Për ciklin CNO, ${}^{12}C$ është i ashtuquajtura katalizator bërthamor, sepse përsëri po paraqitet në reaksionin e fundit.

Jeta e yjeve dhe shpejtësia e zhvillimit varet nga reaksionet termobërthamore (burimet e energjisë në yje, përkatësisht nga sasia e hidrogjenit në brendinë e yjeve). Gjithnjë duhet ta kemi në konsideratë se yjet më masë dhe dritësi që dallojnë me diellin tonë harxhohen dhe jetojnë ndryshe.

3 Mekanizmi për mbartjen e energjisë në yje

E pamë se në pjesën qendrore të yjeve ndodhin reaksione termobërthamore nga të cilat lirohet rrezatim elektromagnetik me energji shumë të madhe në formë të γ -kuanteve.

Kemi të njohura tre mekanizma për bartjen e energjisë në yje, me anë të përçarjes së nxehtësisë, rrezatimit dhe rrymave të konveksionit. Me anë të përçarjes së nxehtësisë, energjia bartet si rezultat i ndeshjes së grimcave kryesisht elektroneve. Elektronet me energji të lartë kinetike në zonat më të nxehta në brendinë e yjeve bashkëveprojnë me elektronet në shtresat më të ftohta, dukë u dhënë atyre energji. Në një zonë të yjeve kjo energji bartet (tejçohet) nga shtresa në shtresë kah sipërfaqja kryesisht me anë të rrezatimit.

γ -kuantet thithen nga atomet dhe jonet e materies së yjeve e cila emiton numër më të madh të γ -kuanteve, por me energji më të vogël ato prapë thithen dhe emitohen në shtresat më të larta të yjeve e kështu me radhë.

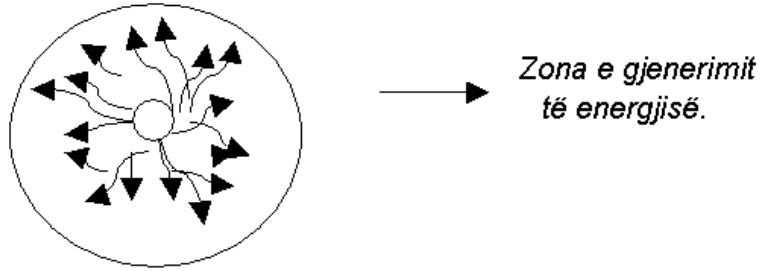


Figura 2: Energjia e gjeneruar (e prodhuar) nga reaksionet termobërthamore në bërthamën e yjeve përhapet kah sipërfaqja ndërmjet ndeshjes mes protoneve, elektroneve dhe bërthamave të heliumit (He). Ky proces i mbartjes së energjisë nga qendra e yjeve kah sipërfaqja e tyre është jashtëzakonisht proces i ngadalshëm, sepse kuantet lëvizin shumë ngadalë kah sipërfaqja. Shpejtësia e kuantëve është diku rreth 1cm/s dhe, që të arrijnë sipërfaqen atij, i nevojiten miliona vite.

Kështu, energjia e madhe e γ -kuanteve fillon të kthehet gjithnjë në rreze të rëntgenit, ultraviolete, të dukshme, infra të kuqe e kështu me radhë. Më në fund kur kuantet arrijnë në sipërfaqen e yllit pas rrezatimit që përsëritet shpeshherë tashmë e kanë ndarë pothuajse tërë energjinë. Energjia pak e mbetur rrezatohet nga sipërfaqja e yllit dhe përhapet nga të gjitha anët si dritë e dukshme. Zona e gjenerimit të energjisë.

Pra një γ -kuantit i nevojiten miliarda vite që të arrin nga bërthama e yllit gjer në sipërfaqe dhe gjatë kësaj kohe ai pëson shumë ndryshime si në gjatësi valore, ashtu edhe në intensitet, etj.

Në disa shtresa të yjeve proceset e thithjes (absorbimit) mbizotërojnë mbi proceset e rrezatimit. Tek ajo zonë gradualisht grumbullohet teprica e energjisë, andaj kyçet mekanizmi i tretë për mbartjen e energjisë KONVEKSIONI, përkatësisht kjo energji bartet me anë të rrymave të konveksionit, d.m.th.me anë të zhvendosjes së lëndës. Pra vetë lënda mekanikisht tepricën e energjisë e shpie kah sipërfaqja e yllit.

4 Ekuilibrimi i yjeve

Për intervale të gjata kohore yjet gjithnjë i ruajnë karakteristikat e tyre, kjo nënkupton se yjet janë në ekuilibër.

Efekti i forcës gravitacionale jep formën sferike tek yjet. Dallojmë ekuilibrin mekanik dhe energjik. Sipas ekuilibrit mekanik:

$$F_g = -F_p \quad (13)$$

ρ - densiteti



Figura 3: Ekuilibrim në bërthamën e yjeve - forca gravitacionale ekuilibrohet nga drejtimi i kundërt i forcës së presionit, i shkaktuar nga presioni i gazit të nxehtë (të disa yje) nga presioni i dritës.

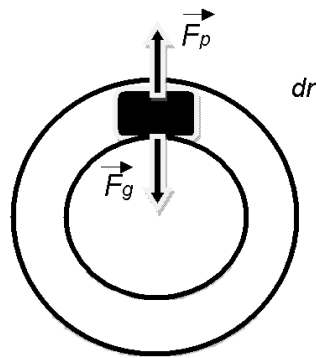


Figura 4: Ekuilibrimi mekanik. Në çdo pjesëz të një ylli forca gravitacionale ekuilibron forcën e presionit e cila shkaktohet nga presioni i gazit dhe i rrezatimit.

$$g = \frac{\gamma M_r}{r^2} \quad (14)$$

g - nxit. i forcës së tërheqjes
 γ - konst. e gravitetit
 M_r - masa, lëmshi i se cilës ka rreze r .

$$dp = \frac{dF_p}{dS} \quad (15)$$

$$dF_p = -mg \quad (16)$$

$$dF_p = -\rho dS dr g \quad (17)$$

$$dpdS = -\rho dS dr g \quad (18)$$

$$dp = -g\rho dr \quad (19)$$

$$\frac{dp}{dr} = -g\rho \quad (20)$$

$$\frac{dp}{dr} = -\frac{\rho\gamma M_r}{r^2} \quad (21)$$

Tri madhësitë nuk janë të pavarura, meqenëse masa që përmban lëmshi me rreze r varet nga densiteti i materies në çdo pikë, nga ana tjetër është funksioni i r -së.

Lidhjen mes M , ρ dhe r - së do ta fitojmë kur ta shikojmë shtresën me trashësi dr në distancë r nga qendra. Masa dM në këtë shtresë elementare përafërsisht është:

$$dM_r = 4\pi r^2 \rho \quad (22)$$

$$M_r = 4\pi \int_0^r r^2 \rho dr \quad (23)$$

Barazimi (21) dhe (23) jep lidhshmërinë në mes të p , M dhe si funksione të r -së. Nëse në një vëllim të caktuar të një ylli nuk gjenerohet energjia, nga ai rrezatohet aq energji sa mundëson rrezatimi për rreth lëndës. Këto janë një ndër ekuacionet me të cilat e përshkruajmë përbërjen e brendshme të yjeve.

5 Modeli i yjeve

Që t'i llogaritim konditat fizike të yjeve në brendinë e tyre aty ku nuk mund të vrojtojmë drejtpërdrejt, i krijojmë të ashtuquajturat modele të yjeve.

Modeli i një ylli jep ndryshimin në mes karakteristikave themelore të tij në varshmëri me distancën r nga qendra gjer tek sipërfaqja, respektivisht jep ndryshimin e temperaturës T , të presionit p , të densitetit ρ , dhe të përbërjes kimike si funksion i distancës $F(r)$. Një model teorik merret si i vërtetë nëse funksionet e mësipërme në sipërfaqen e një ylli pësojnë këto ndryshime:

P dhe T kanë vlerën zero, ndërsa T vrojtohet drejtpërdrejt.

Që të marrim informacione për brendinë e yjeve, le ta shënojmë me p_c presionin dhe me T_c temperaturën në qendrën e diellit. Dielli është ylli më i afërt, ndaj neve dhe sigurisht mund t'i studiojmë me detale proceset që ndodhin në brendinë e tij, në sipërfaqe, në atmosferë e gjetiu. Sipërfaqja e dukshme e diellit quhet fotosferë, sipas të cilit llogaritet rrezja e diellit, në fakt rrezja e diellit llogaritet sipas diametrit këndor të tij.

$R_\odot = 696000 \text{ Km} \approx 109 R_\theta$, pavarësisht nga kjo le të marrim se dielli është (lëmsh gazrash të nxehta), lëmsh homogjen me rreze $R_\odot = 7 \cdot 10^5 \text{ Km}$ dhe ai përbëhet vetëm nga hidrogjeni, gjysma e të cilit është i jonizuar (kjo tregon se masa molare në materien e

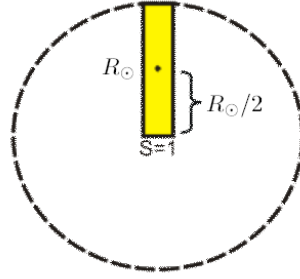


Figura 5: Modeli i yjeve

diellit është $\mu = 0.5$) në këtë rast densiteti në çdo pikë të diellit është $\rho = 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ masa e diellit llogaritet sipas ligjit të tretë të **Johan Keplerit**. $M_\odot \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Le të marrim një shtyllë të materies së diellit si bazë me sipërfaqe prej $S = 1$ (njësi) dhe lartësi h e barabartë me rrëzën e diellit $h = R_\odot$

Pika e shtyllës gjendet në distancë $R_\odot/2$ nga qendra. Forca e presionit të gazit afër qendrës baraspeshohet më forcën e tërheqjes, përkatësisht me peshën e materies së shtyllës $G = mg$, ku m - masa e shtyllës, g - nxitimi i gravitetit në pikë, kështu që masa e shtyllës është:

$$m = \rho S R_\odot \quad (24)$$

$$G = mg_\odot = \rho S R_\odot g_\odot = \rho R_\odot g_\odot \quad (25)$$

Kur ta kemi në konsideratë se dielli është lësh homogjen, atëherë mund të merret se e tërë masa është e përqendruar në qendrën e tij, ndërsa e tërë masa e shtyllës është e përqendruar në mes, atëherë forca e gravitetit F_g më të cilën tërhiqet materia e shtyllës me masë m dhe materia e mbetur në diell me masë $M_\odot m \approx M_\odot$ është:

$$F_g = \frac{m M_\odot}{\left(\frac{R_\odot}{2}\right)^2} \quad (26)$$

Pasi që $F_{g_\odot} = mg_\odot$ nga form. (26)

$$mg_\odot = \frac{\gamma m M_\odot}{\left(\frac{R_\odot}{2}\right)^2} \quad (27)$$

$$g_\odot = \frac{\gamma M_\odot}{\left(\frac{R_\odot}{2}\right)^2} \quad (28)$$

kështu që forca e tërheqjes nga form. (25) dhe (27) është :

$$G = \frac{\rho R_{\odot} \gamma M_{\odot}}{\left(\frac{R_{\odot}}{2}\right)^2} = \frac{4\rho R_{\odot} \gamma M_{\odot}}{R_{\odot}^2} \quad (29)$$

Nga kondita për ekuilibrimin e yjeve rrjedh se $F_p = G$ ose

$$F_p = \frac{4\rho\gamma M_{\odot}}{R_{\odot}} \quad (30)$$

E kujtojmë forcën e cila vepron në njësi të sipërfaqes, presionin $p = F_p/S = F_p$ atëherë gjendja e presionit në qendrën e diellit mund të llogaritet sipas formulës (30)

$$p_c = \frac{4\rho\gamma M_{\odot}}{R_{\odot}} = 2 \cdot 10^{16} \text{ Pa} \quad (31)$$

Temperatura e materies në qendrën e diellit mund të llogaritet nga ekuacioni KLAPEJRON-MENDELJEVIT për gjendjen e gazit ideal $p_c = (R/\mu)\rho T_c$, e shkruar për 1mol , ku $R = 8.32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ është konstanta universale e gazit.

$$T_c = \frac{p_c \mu}{R \rho} = 1.4 \cdot 10^7 \text{ K} \quad (32)$$

Arsyetimet analoge bëjnë të mundur që të njehsojmë p dhe T , jo vetëm për qendrën e diellit, por edhe p. sh., për thellësinë e barabartë me gjysmën e rrezes së diellit, $R_{\odot}/2$. Faktikisht mund ta llogarisim p , T dhe ρ në çfarëdo thellësie dhe të fitojmë shpërndarjen e këtyre parametrave sipas thellësisë: $p = p(r)$, $T = T(r)$, $\rho = \rho(r)$ funksionet e fundit paraqesin modelin e strukturës së brendshme të diellit, përkatësisht yjeve dhe mund ti paraqesim në formë grafikësh apo formulave.