Yıldız İç Yapı Modeli Nasıl Yapılır?

$$\frac{dM_r}{dr} = 4\pi r^2 \rho$$

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM_r}{r^2}\rho$$

Yapı Denklemleri

$$\frac{dL_r}{dr} = 4\pi r^2 \rho \varepsilon$$

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{3}{16\pi ac}\frac{\bar{\kappa}\rho}{T^3}\frac{L_r}{r^2}$$

RSG

$$\frac{dT}{dr} = 0.4\frac{T}{P}\frac{dP}{dr} = -0.4\frac{T}{P}\frac{GM_r}{r^2}\rho$$

KSG

Adyabatik Konvektif Denge Durumunda, Adyabatik Gaz Kanununu Kullanırız!

$$\frac{P}{\rho^{\gamma}} = Sabit$$

Bknz. Isı Aktarımı Konusu

$$P = K\rho^{\gamma}$$

$$P = KT^{\gamma/(\gamma-1)}$$

$$\gamma = 1 + \frac{1}{n} = 5/3$$

$$n = 1.5$$

- n=0 tamamen homojen
- n=1.5 konvektif denge
- n=3 radyatif dengede
- n=5 yıldız meydana gelemez(fiziksel şartlarda n<5 olmalı)

Yardımcı Denklemler

$$\rho = \frac{\mu m_H}{k}\frac{P}{T}$$

Hal Denklemi

$$\varepsilon = \varepsilon_0 X_1 X_2 \rho T^{\nu}$$

Enerji Üretimi

$$\bar{\kappa} = \bar{\kappa}_{bf} = \frac{4.34\times10^{25}}{t/\bar{g}_{bf}} Z(1+X)\frac{\rho}{T^{3.5}}$$

Opasite(Donukluk)

$$\mu = \frac{1}{2X + \frac{3}{4}Y + \frac{1}{2}Z}$$

OMA

Radyatif Durum, yapı denklemlerini aşağıdaki formda yazabiliriz

$$\frac{dM_r}{dr} = 4\pi \frac{m_H}{k} \mu \frac{P}{T} r^2 \qquad \ldots 1$$

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{Gm_H}{k} \mu \frac{P}{T} \frac{M_r}{r^2} \qquad \ldots 2$$

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{3}{16\pi ac} \frac{4.34\times 10^{25}}{t / \bar{g}_{bf}} \left(\frac{m_H}{k}\right)^2 Z(1+X)\mu^2 \frac{P^2}{T^{8.5}} \frac{L_r}{r^2} \qquad \ldots 3$$

$$\frac{dL_r}{dr} = 4\pi \left(\frac{m_H}{k}\right)^2 \varepsilon_0 X_1 X_2 \mu^2 P^2 T^{\nu-2} r^2 \qquad \ldots 4$$

Konvektif Durum I, yapı denklemlerini aşağıdaki formda yazabiliriz

$$\frac{dM_r}{dr} = 4\pi \frac{m_H}{k} \mu \frac{P}{T} r^2$$

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{Gm_H}{k} \mu \frac{P}{T} \frac{M_r}{r^2}$$

$$\frac{dT}{dr} = -0.4 \frac{GH}{k} \mu \frac{M_r}{r^2} \qquad \ldots 5$$

$$\frac{dL_r}{dr} = 4\pi \left(\frac{m_H}{k} \right)^2 \varepsilon_0 X_1 X_2 \mu^2 P^2 T^{\nu-2} r^2$$

Konvektif Durum II, yapı denklemlerini aşağıdaki formda yazabiliriz

$$\frac{dM_r}{dr} = 4\pi \frac{m_H}{k} K \mu T^{1.5} r^2 \qquad \ldots 6$$

$$\frac{dT}{dr} = -0.4 \frac{GH}{k} \mu \frac{M_r}{r^2}$$

$$P = KT^{2.5} \qquad \ldots 7$$

- Seçeceğemiz belli başlangıç değerleri ile birlikte merkezden yüzeye ve yüzeyden merkeze doğru inegrasyona başlayalım

Yüzeyden Integrasyon

Radyatif durum

$$\frac{dP}{dT} = \left[\frac{16\pi acGk}{3m_H} \frac{M}{L} \frac{t / \bar{g}_{bf}}{4.34\times10^{25}} \frac{1}{\mu Z(1+X)} \right] \frac{T^{7.5}}{P} \qquad \ldots 8$$

$$A = \left[\frac{16\pi acGk}{3m_H} \frac{M}{L} \frac{t / \bar{g}_{bf}}{4.34\times10^{25}} \frac{1}{\mu Z(1+X)} \right] \qquad \ldots 9$$

$$\int_{P_s}^{P} P dP = A \int_{T_s}^{T} T^{7.5} dT$$

r=R iken Ps=0 ve Ts=0

$$P^2 = \frac{A}{4.25} T^{8.5} \qquad \ldots 10$$

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{Gm_H}{Ak} M\mu \frac{P^2}{T^{8.5} r^2} \qquad \ldots 11$$

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{Gm_H}{4.25k} M\mu \frac{1}{r^2} \qquad \ldots 12$$

$$\int_{T_s}^{T} dT = -\frac{Gm_H}{4.25k} M\mu \int_{R}^{r} \frac{1}{r^2} dr$$

$$T = -\frac{Gm_H}{4.25k} M\mu \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) \qquad \ldots 13$$

Konvektif durum

$$T = 0.4 \frac{G m_H}{k} M \mu \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) \qquad \ldots 14$$

$$P = K T^{2.5}$$

Merkezden Integrasyon

- Yıldızın merkezinde olduğumuzu düşünerek integrasyona başladığımızda, bağlı değişkenler için başlangıç değerleri elde etmeliyiz. Bu yüzden Taylor açılımını kullanacağız.

$$v = v_c + \frac{dv}{dr}\Big|_c^r + \frac{1}{2}\frac{d^2v}{dr^2}\Big|_c r^2 + \frac{1}{3\cdot 2}\frac{d^3v}{dr^3}\Big|_c r^3 + \ldots\ldots \quad \ldots 15$$

$$\frac{dM_r}{dr}\Big|_c = 4\pi\left[r^2\rho\right]_c = 0$$

$$\frac{d^2M_r}{dr^2}\Big|_c = 4\pi\left[2r\rho + r^2\frac{d^2\rho}{dr^2}\right]_c = 0$$

$$\frac{d^3M_r}{dr^3} = 4\pi\left[2\rho + 4r\frac{d\rho}{dr} + r^2\frac{d^2\rho}{dr^2}\right]_c$$

$$M_r = \frac{4}{3}\pi\rho_c r^3 \qquad \ldots 16$$

$$\frac{dP}{dr}\Big|_c = -\left[\frac{GM_r}{r^2}\rho\right]_c = -\left[G\tfrac{4}{3}\pi\rho^2 r\right]_c = 0$$

$$\frac{d^2P}{dr^2}\Big|_c = -\tfrac{4}{3}\pi G\left[2\rho\frac{d\rho}{dr}r + \rho^2\right]_c = -\tfrac{4}{3}\pi G\rho_c^{\,2}$$

$$P = P_c - \tfrac{2}{3}\pi G\rho_c^2 r^2 \qquad \ldots 17$$

$$\frac{dL_r}{dr}\Big|_c = 4\pi\left[r^2\rho\varepsilon\right]_c = 0$$

$$\frac{d^2L_r}{dr^2} = 4\pi\left[2r\rho\varepsilon + r^2\frac{d\rho}{dr}\varepsilon + r^2\rho\frac{d\varepsilon}{dr}\right]_c = 0$$

$$\frac{d^3L_r}{dr^3} = 4\pi\left[2\rho\varepsilon + r \text{ yada } r^2 \text{ li terimlerin kesri}\right]_c$$

$$= 8\pi\rho_c\varepsilon_c$$

$$L_r = \frac{4}{3}\pi\rho_c\varepsilon_c r^3 \qquad \ldots 18$$

$$\frac{dT}{dr}\Big|_c = -\frac{3}{16\pi ac}\left[\frac{\bar{\kappa}\rho}{T^3}\frac{L_r}{r^2}\right]_c = -\frac{3}{16\pi ac}\left[\frac{4\pi}{3}\frac{\bar{\kappa}\rho^2\varepsilon}{T^3}r\right]_c 0$$

$$\frac{d^2T}{dr^2} = -\frac{3}{16\pi ac}\left[\frac{\bar{\kappa}\rho}{T^3}\frac{d}{dr}\left(\frac{L_r}{r^2}\right)+\frac{L_r}{r^2}\frac{d}{dr}\left(\frac{\bar{\kappa}\rho}{T^3}\right)\right]_c$$

$$= -\frac{3}{16\pi ac}\left[\frac{\bar{\kappa}\rho}{T^3}\left(\frac{1}{r^2}\frac{dL_r}{dr}-\frac{2L_r}{r^3}\right)\right]_c$$

$$= -\frac{1}{4ac}\frac{\bar{\kappa}_c\rho_c^2\varepsilon_c}{T_c^3}$$

RD için

$$T = T_c - \frac{1}{8ac}\frac{\bar{\kappa}_c\rho_c^2\varepsilon_c}{T_c^3}r^2 \qquad \ldots 19$$

$$\left.\frac{dT}{dr}\right|_c = \frac{2}{5}\left[\frac{T}{P}\frac{dP}{dr}\right]_c = 0$$

$$\frac{d^2T}{dr^2} = \frac{2}{5}\left[\frac{1}{P}\frac{dT}{dr}\frac{dP}{dr} - \frac{1}{P^2}\left(\frac{dP}{dr}\right)^2 + \frac{T}{P}\frac{d^2P}{dr^2}\right]_c = 0$$

$$= -\frac{2}{5}\cdot\frac{4}{3}\pi G\rho_c^2\frac{T_c}{P_c}$$

KD için

$$T = T_c - \frac{4}{15}\pi G\frac{\rho_c^2 T_c}{P_c}r^2 \qquad \ldots 20$$

Acaba Nerdeyiz????

$$\left.\frac{dT}{dr}\right|_{ad} = \left(1-\frac{1}{\gamma}\right)\frac{T}{P}\frac{dP}{dr}$$

Bknz. Isı aktarımı konusu

$$n+1 = \frac{d\log P}{d\log T} = \frac{T}{P}\frac{hdP/dr}{hdT/dr} \qquad \ldots 21$$

Model

$M = 0.6 M_{\odot} = 1.194 \times 10^{33} gr$

$R = 0.375 R_{\odot} = 2.61 \times 10^{10} cm$

$L = 0.4 L_{\odot} = 1.58 \times 10^{33} erg/sn$

$P_c = 157 \times 10^{15} dyn/cm^2$

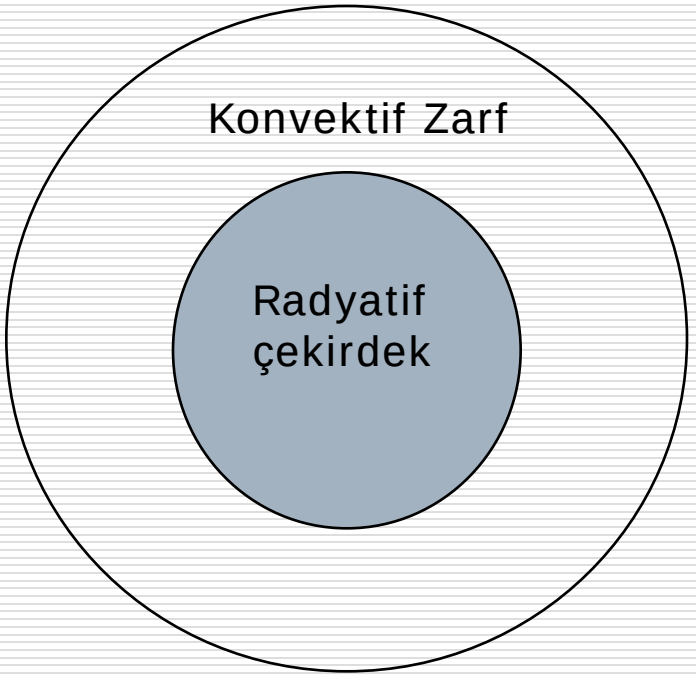
$T_c = 1.2 \times 10^{7} K$

$X = 0.72$

$Y = 0.26$

$Z = 0.02$

$\mu = 0.6079$



- Önce merkezden başlayarak yüzeye gidelim.

$$\rho = \frac{\mu m_H}{k}\frac{P}{T}$$

- Denklemi yardımıyla merkezdeki yoğunluk değerini,
- $\rho_c = 96.41 gr/cm^3$ olarak buluruz.

Radyatif durumda;

$$M_r = \frac{4}{3}\pi\rho_c r^3 \quad \rightarrow \quad M_r = 0.4038 r^3 \qquad \ldots 22$$

$$P = P_c - \frac{2}{3}\pi G \rho_c^2 r^2 \quad \rightarrow \quad P = 157 - 129.8 r^2 \qquad \ldots 23$$

$$L_r = \frac{4}{3}\pi\rho_c \varepsilon_c r^3 \quad \rightarrow \quad L_r = 4.185 r^3 \qquad \ldots 24$$

$$T = T_c - \frac{1}{8ac}\frac{\bar{\kappa}_c \rho_c^2 \varepsilon_c}{T_c^3} r^2 \quad \rightarrow \quad T = 1.2 - 0.3695 r^2 \qquad \ldots 25$$

Radyatif durumda;

$$\bar{\kappa} = \bar{\kappa}_{bf} = \frac{4.34\times10^{25}}{t/\bar{g}_{bf}} Z(1+X)\frac{\rho_c}{T_c^{3.5}} = 1.202 \qquad \ldots 26$$

$$t/\bar{g}_{bf} = 20 \qquad \ldots 27$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{pp} = 0.1\times10^{-28} X^2 \rho_c T_{c7}^4 = 10.36 \qquad \ldots 28$$

Radyatif Durumda;

$$h\frac{dM_r}{dr} = 4\pi\frac{m_H}{k}\mu h\frac{P}{T}r^2 \qquad \ldots 29$$

$$h\frac{dP}{dr} = -\frac{Gm_H}{k}\mu h\frac{P}{T}\frac{M_r}{r^2} \qquad \ldots 30$$

$$h\frac{dL_r}{dr} = 4\pi\left(\frac{m_H}{k}\right)^2\varepsilon_0 X^2\mu^2 hP^2T^2r^2 \qquad \ldots 31$$

$$h\frac{dT}{dr} = -\frac{3}{16\pi ac}\frac{4.34\times10^{25}}{t/\bar{g}_{bf}}\left(\frac{m_H}{k}\right)^2 Z(1+X)\mu^2 h\frac{P^2}{T^{8.5}}\frac{L_r}{r^2} \qquad \ldots 32$$

Radyatif Durumda;

$$h\frac{dM_r}{dr} = 0.00926h\frac{P}{T}r^2 \qquad \ldots 33$$

$$h\frac{dP}{dr} = -4.914h\frac{P}{T}\frac{M_r}{r^2} \qquad \ldots 34$$

$$h\frac{dL_r}{dr} = 0.0003537hP^2T^2r^2 \qquad \ldots 35$$

$$h\frac{dT}{dr} = -0.00003374h\frac{P^2}{T^{8.5}}\frac{L_r}{r^2} \qquad \ldots 36$$

Basınç ve sıcaklık integrasyonu için aşağıdaki denklemi kullanabiliriz.

$$v_{+1} = v_0 + hf_0 + 0.5^1\Delta_0 + 0.4167^2\Delta_0 + 0.375^3\Delta_0 + ... \quad \text{...37}$$

Kütle ve ışınım gücü integrasyonu için aşağıdaki denklemi kullanabiliriz.

$$v_{+1} = v_0 + hf_{+1} - 0.5^1\Delta_{+1} - 0.0833^2\Delta_{+1} - 0.0417^3\Delta_{+1} + ... \quad \text{...38}$$

r = 0.0 için;

$P_c = 157$

$T_c = 1.200$

$hdM_r/dr = 0$

$M_r = 0.000$

$hdP/dr = 0$

$hdL_r/dr = 0$

$L_r = 0.000$

$hdT/dr = 0$

$n + 1 = 2.69$

r = 0.1 için;	
$P_r = 156$	
$T_r = 1.196$	
$hdM_r/dr = 1x10^{-3}$	
$M_r = 0.000$	$^1\Delta = 1x10^{-3}$
$hdP/dr = -3$	$^1\Delta = -3$
$hdL_r/dr = 1.2x10^{-2}$	
$L_r = 0.004$	$^1\Delta = 1.2x10^{-2}$
$hdT/dr = -8x10^{-3}$	$^1\Delta = -8x10^{-3}$

n + 1 = 2.64

r = 0.2 için;	
$P_r = 152$	
$T_r = 1.185$	
$hdM_r/dr = 5x10^{-3}$	$^1\Delta = 4x10^{-3}$
$M_r = 0.003$	$^2\Delta = 3x10^{-3}$
$hdP/dr = -5$	$^1\Delta = -2$
$hdL_r/dr = 4.6x10^{-2}$	$^1\Delta = 3.4x10^{-2}$
$L_r = 0.033$	$^2\Delta = 2.2x10^{-2}$
$hdT/dr = -15x10^{-3}$	$^1\Delta = -7x10^{-3}$

n + 1 = 2.59

r = 0.3 için;	
$P_r = 146$	
$T_r = 1.167$	
$hdM_r/dr = 10x10^{-3}$	$^1\Delta = 5x10^{-3}$
$M_r = 0.010$	$^2\Delta = 1x10^{-3}$
$hdP/dr = -7$	$^1\Delta = -2$
$hdL_r/dr = 9.2x10^{-2}$	$^1\Delta = 4.6x10^{-2}$
$L_r = 0.101$	$^2\Delta = 1.2x10^{-2}$
	$^3\Delta = -1.0x10^{-2}$
$hdT/dr = -22x10^{-3}$	$^1\Delta = -7x10^{-3}$

n + 1 = 2.54

r = 0.4 için;

$$P_r = 146 - 7 + 0.5(-2)$$

$$= 138$$

$$T_r = 1.167 - 0.022 + 0.5(-0.007)$$

$$= 1.141$$

$$h\frac{dM_r}{dr} = 0.009260 \times 0.1 \times \frac{138}{1.141} \times 0.4^2$$

$$= 0.018$$

$${}^1\Delta_{+1} = 0.018 - 0.010 = 0.008$$

$${}^2\Delta_{+1} = 0.008 - 0.005 = 0.003$$

$$M_r = 0.1 + 0.018 - 0.5(0.008) - 0.0833(0.003)$$

$$= 0.024$$

$$h\frac{dP}{dr} = -4.914 \times 0.1 \times \frac{138}{1.141} \times \frac{0.024}{0.4^2}$$

$$= -9$$

$$^1\Delta_{+1} = -9 - (-7) = -2$$

$$h\frac{dL_r}{dr} = 0.0003537 \times 0.1 \times 138^2 \times 1.141^2 \times 0.4^2$$

$$= 0.14$$

$$^1\Delta_{+1} = 0.14 - 0.092 = 0.048$$

$$^2\Delta_{+1} = 0.048 - 0.046 = 0.002$$

$$^3\Delta_{+1} = 0.002 - 0.012 = -0.010$$

$$L_r = 0.101 + 0.14 - 0.5(0.048) - 0.0833(0.002) - 0.0417(-0.010)$$

$$= 0.217$$

$$h\frac{dT}{dr} = -0.0003374 \times 0.1 \times \frac{138^2}{1.141^{8.5}} \times \frac{0.217}{0.4^2}$$

$$= -0.028$$

$$^1\Delta_{+1} = -0.028 - (-0.022) = -0.006$$

- r=0.8 de konvektif zarftayız.... Bu andan itibaren integrasyondan adyabatik gaz kanununu kullanarak K sabitini bulmalıyız. Bunun için;

$$\frac{P_{r=0.8}}{T^{2.5}_{r=0.8}} = K$$

- Bir kaç değer için bu değere bakıp ortalamasını almak en ideal durumdur. Buna göre bulunan K değeri 97.8 dir.

Merkezden Yüzeye

r	Mr	hdMr/dr(1E-3)	Δ	Δ	P	hdP/dr	Δ	Lr	hdLr/dr(1E3)	Δ	Δ	Δ	T	hdT/dr(1E-3))	Δ	n+1
0.00	0.000	0			157	0		0.000	0				1.200	0		2.69
0.10	0.000	1	1		156	-3	-3	0.004	12	12			1.196	-8	-8	2.64
0.20	0.003	5	4	3	152	-5	-2	0.033	46	34	22		1.185	-15	-7	
0.30	0.010	10	5	1	146	-7	-2	0.101	92	46	12	-10	1.167	-22	-7	
0.40	0.024	18	8	3	138	-9	-2	0.218	141	49	3	-9	1.142	-28	-6	
0.50	0.046	27	9	1	128	-10	-1	0.380	179	38	-11	-14	1.110	-35	-7	
0.60	0.078	36	9	0	117	-12	-2	0.571	200	21	-19	-8	1.072	-41	-6	
0.70	0.119	46	10	1	105	-12	0	0.774	202	2	-19	0	1.028	-46	-5	2.57
0.80	0.170	56	10	0	92.8	-12.4	-0.4	0.969	186	-16	-18	1	0.979	-53	-7	2.48
0.90	0.231	65	9	-1	80.4	-12.2	2	1.141	158	-28	-12	6	0.925	-56	-3	
1.00	0.300	73	8	-1	68.5	-11.6	6	1.283	125	-33	-5	7	0.867	-59	-3	
1.10	0.376	79	6	-2	57.2	-10.8	8	1.391	91	-34	-1	4	0.807	-61	-2	
1.20	0.458	84	5	-1	46.9	-9.8	10	1.466	62	-29	5	6	0.745	-63	-2	

*10'nun katları işlemlerde kullanılmamıştır. Örneğin P_c=157x10^{15}dyn/cm^2 ike 157 olarak alınmıştır.

Konvektif Durumda;

Konvektif zarfa geldiğimizde denklemlerimiz değişecek,

$$P = KT^{2.5}$$

$$\frac{dT}{dr} = -0.4\frac{GH}{k}\mu\frac{M_r}{r^2}$$

$$h\frac{dT}{dr} = -1.965h\frac{M_r}{r^2} \qquad \ldots 39$$

$$K = \left(P / T^{2.5}\right)_{ort} = 97.8$$

(6) Nolu denklemden

$$h\frac{dM_r}{dr} = 0.9057 h T^{1.5} r^2 \qquad \ldots 40$$

$$T = 2.347\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2.61}\right) \qquad \ldots 41$$

$$P = 97.8 T^{2.5} \qquad \ldots 42$$

r = 2.4 için;

Tr = 0.0786

Pr = 0.1694

$h dM_r/dr = -6 \times 10^{-3}$

$Mr = 1.189 - 6 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3} = 1.184$

$h dT/dr = 202 \times 10^{-4}$

Konvektif zarfta yüzeye doğru ilerliyoruz....

r	Mr	hdMr/dr	Δ	Δ	Δ	T	hdT/dr	Δ	Δ	P	Lr	hdLr/dr	Δ	Δ	Δ
0.40															
0.50															
0.60															
0.70												28			
0.80												40	12		
0.90		112					-106					37	-3	-15	
1.00		146	34				-118	-12				25	-12	-9	6
1.20	0.458	168	22	-12		0.745	-125	-7	5	46.9	1.470	12	-13	-1	8
1.40	0.63	173	5	-17	-5	0.619	-126	-1	6	29.5	1.55	5	-7	6	7
1.60	0.798	161	-12	-17	0	0.494	-123	3	4	16.8	1.58	1	-4	3	-3
1.80	0.947	135	-26	-14	3	0.375	-115	8	5	8.42	1.58	0	-1	3	0
2.00	1.065	99	-36	-10	4	0.265	-105	10	2	3.54	1.58	0	0	1	-2
2.20	1.144	59	-40	-4	6	0.166	-93	12	2	1.1	1.58	0	0	0	-1
2.40	1.184	23	-36	4	8	0.079	-81	12	0	0.172	1.58	0	0	0	0
2.60	1.194	0	-23	13	9	0.004	-69	12	0		1.58	0	0	0	0

*10'nun katları işlemlerde kullanılmamıştır. Örneğin $r=2.61 \times 10^{10}$cm iken 2.61 olarak alınmıştır.

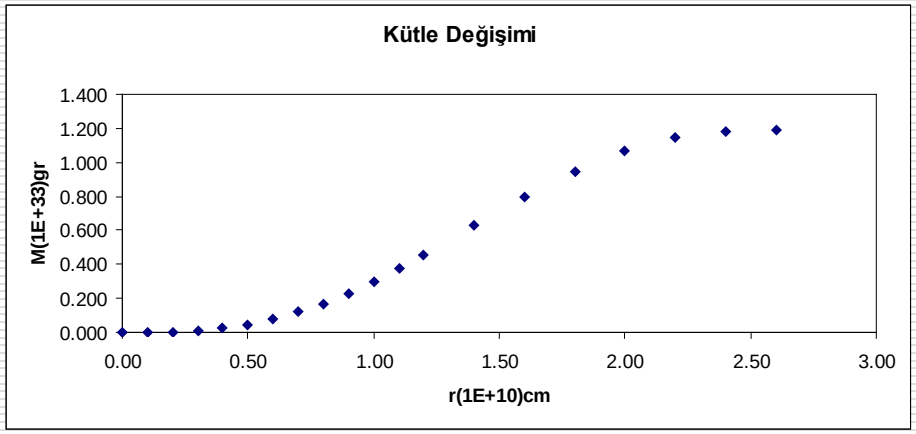
Yüzeyden Merkeze(Kontrol)

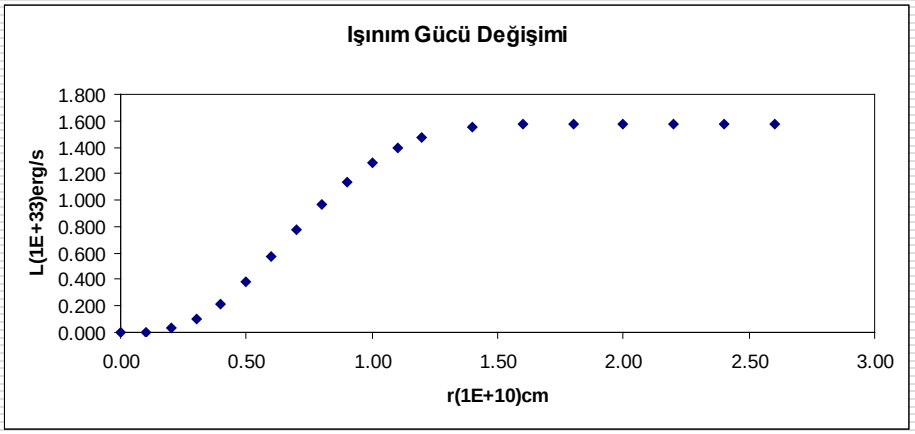
r	Mr	hdMr/dr	Δ	Δ	T	hdT/dr	Δ	Δ	P
2.60	1.194	0			0.0035	174			0.00007
2.55	1.194	-1			0.0212	180			0.00678
2.50	1.192	-2			0.0396	187			0.03050
2.45	1.189	-4			0.0587	195			0.08170
2.40	1.184	-6			0.0786	202			0.16940
2.60		0				348			
2.50		-4	-4			374	26		
2.40	1.184	-11	-7	-3	0.0786	404	30	4	
2.30	1.169	-20	-9	-2	0.1205	434	30	0	0.49300
2.20	1.144				0.1654	464	30	0	1.08800

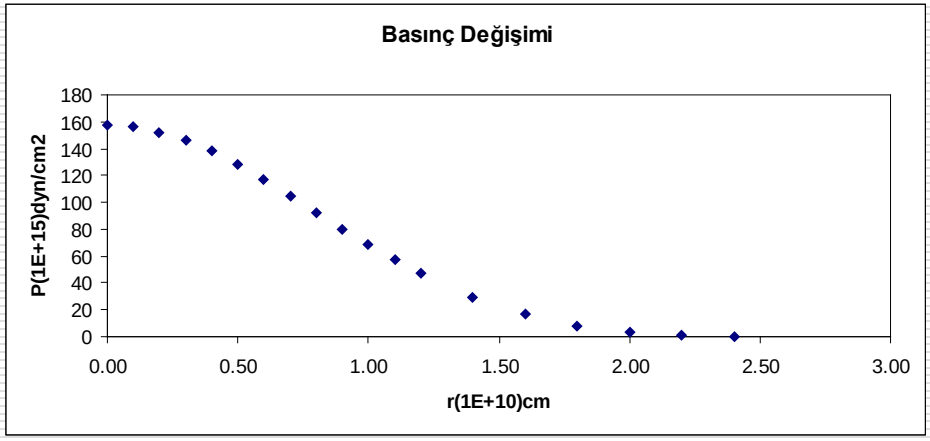
*10'nun katları işlemlerde kullanılmamıştır. Örneğin r=2.61x10^{10}cm iken 2.61 olarak alınmıştır.

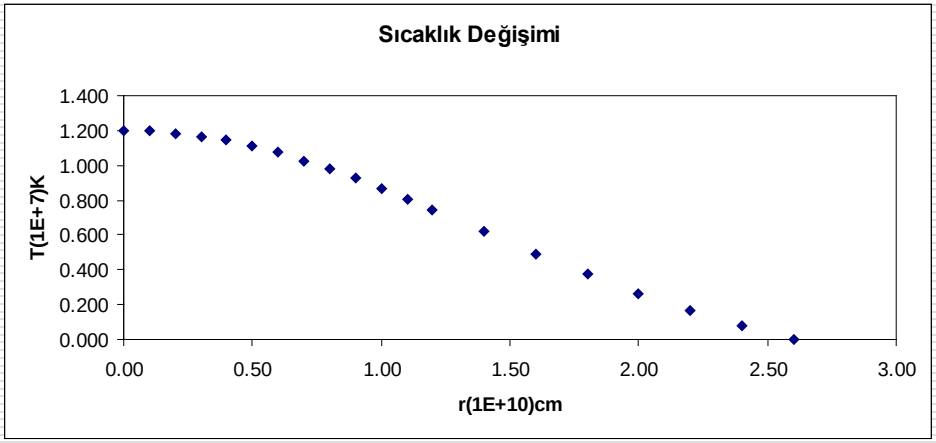
r	Mr	P	Lr	T
0.00	0.000	157	0.000	1.200
0.10	0.000	156	0.004	1.196
0.20	0.003	152	0.033	1.185
0.30	0.010	146	0.101	1.167
0.40	0.024	138	0.218	1.142
0.50	0.046	128	0.380	1.110
0.60	0.078	117	0.571	1.072
0.70	0.119	105	0.774	1.028
0.80	0.170	92.8	0.969	0.979
0.90	0.231	80.4	1.141	0.925
1.00	0.300	68.5	1.283	0.867
1.10	0.376	57.2	1.391	0.807
1.20	0.458	46.9	1.470	0.745
1.40	0.63	29.5	1.55	0.619
1.60	0.798	16.8	1.58	0.494
1.80	0.947	8.42	1.58	0.375
2.00	1.065	3.54	1.58	0.265
2.20	1.144	1.1	1.58	0.166
2.40	1.184	0.172	1.58	0.079
2.60	1.194		1.58	0.004

*10'nun katları işlemlerde kullanılmamıştır. Örneğin $r=2.61 \times 10^{10}$cm iken 2.61 olarak alınmıştır.

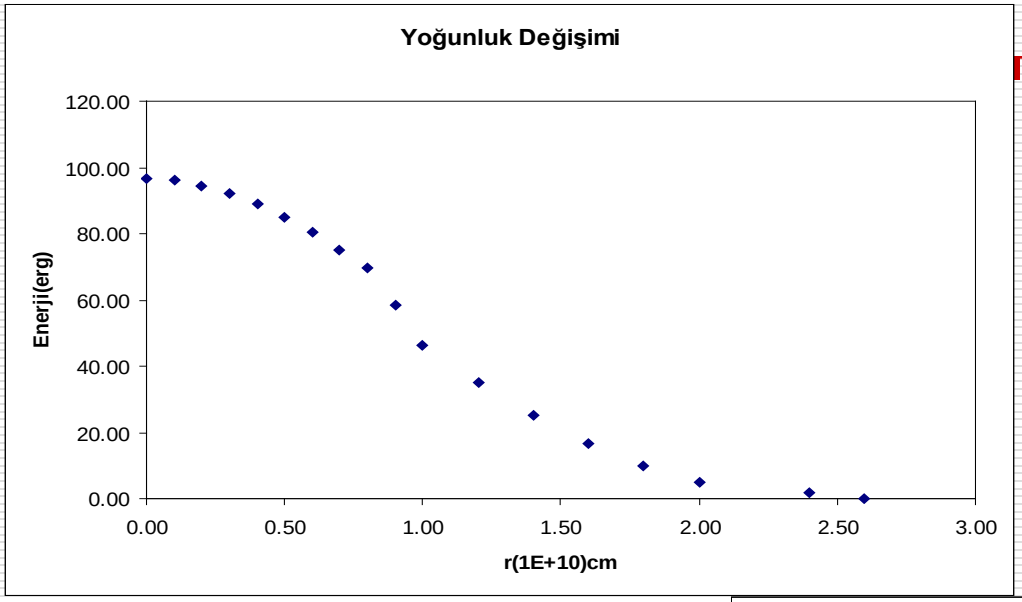

Kütle Değişimi
M(1E+33)gr
1.400
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
r(1E+10)cm

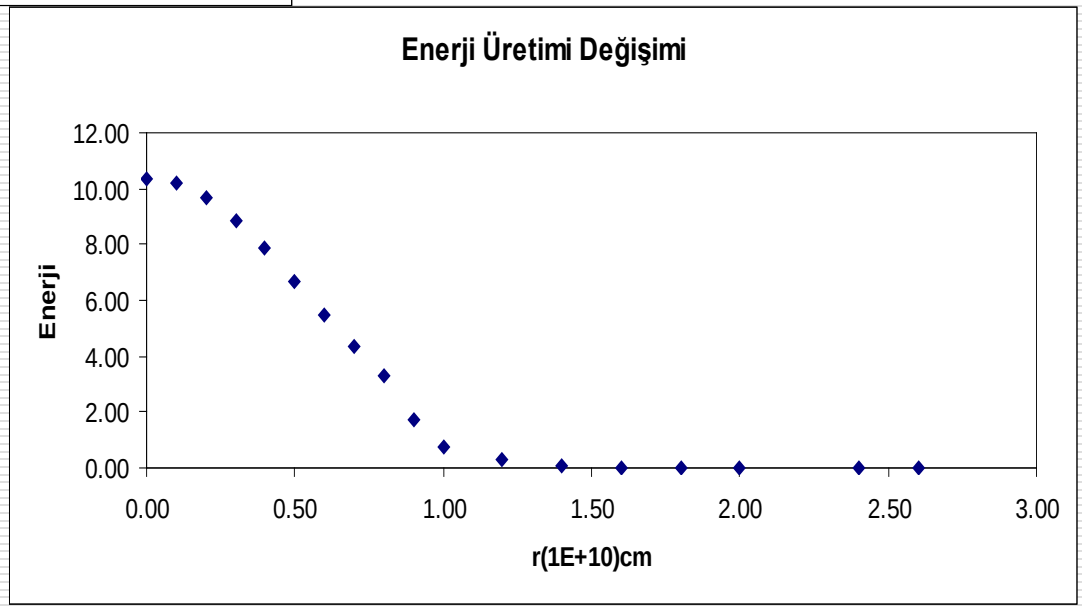

Işınım Gücü Değişimi
L(1E+33)erg/s
1.800
1.600
1.400
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
r(1E+10)cm


Basınç Değişimi
P(1E+15)dyn/cm2
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
r(1E+10)cm


Sıcaklık Değişimi
T(1E+7)K
1.400
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
r(1E+10)cm

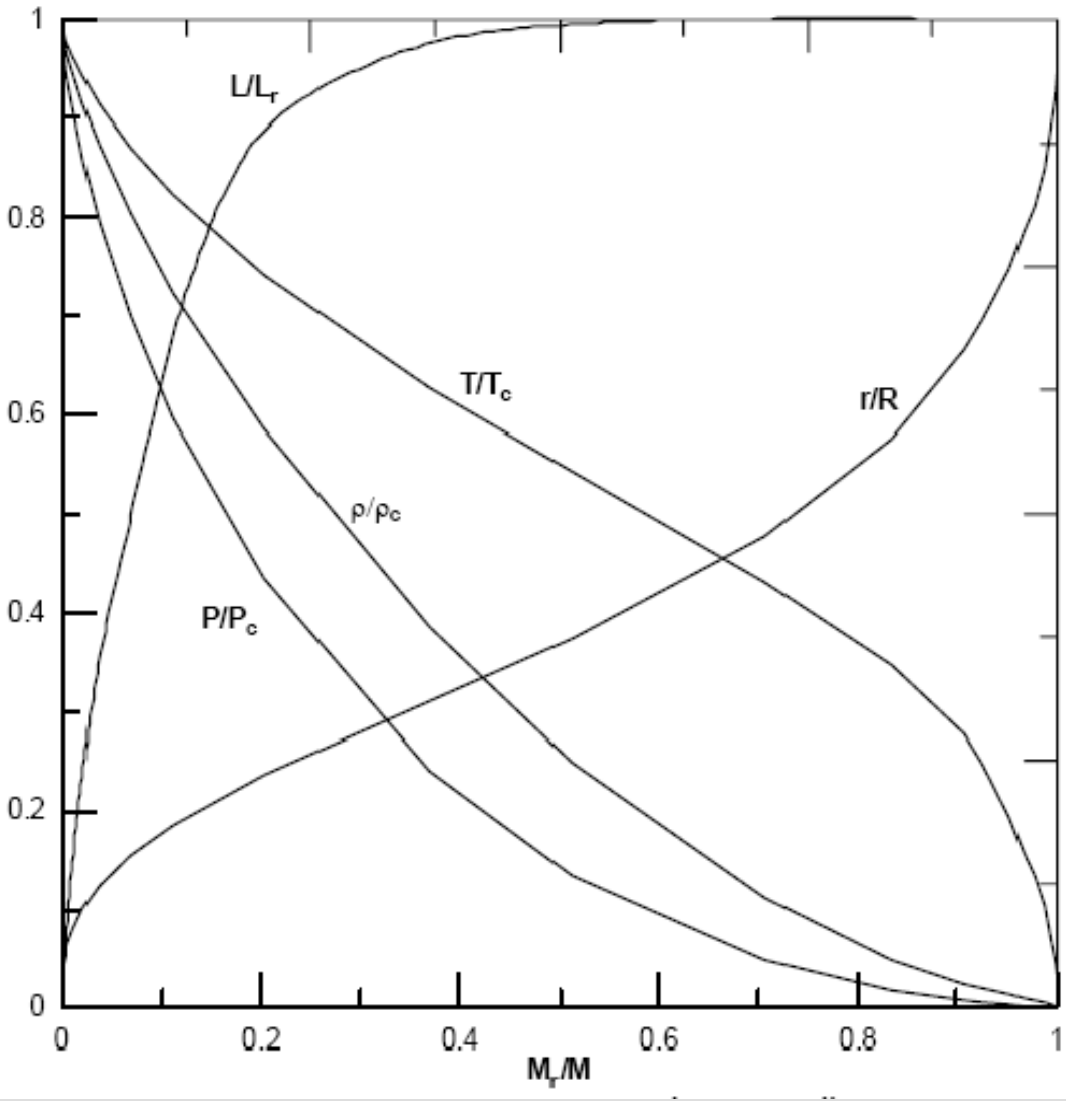
r(1E+10)	ρ	κ	ε
0.00	96.41	1.202	10.36
0.10	96.12	1.213	10.20
0.20	94.52	1.232	9.66
0.30	92.19	1.268	8.86
0.40	89.05	1.321	7.85
0.50	84.97	1.392	6.69
0.60	80.42	1.488	5.51
0.70	75.27	1.613	4.36
0.80	69.77		3.32
0.90	58.22		1.71
1.00	46.39		0.74
1.20	35.12		0.27
1.40	25.06		0.08
1.60	16.55		0.02
1.80	9.84		0.00
2.00	4.88		0.00
2.40	1.60		0.00
2.60	0.02		0.00


Yoğunluk Değişimi
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Enerji(erg)
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
r(1E+10)cm


Enerji Üretimi Değişimi
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
Enerji
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
r(1E+10)cm

n	M_r/M	r/R	ρ/ρ_c	T/T_c	P/P_c	L/L_r
1	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
8	6.11×10^{-4}	3.09×10^{-2}	9.91×10^{-1}	9.94×10^{-1}	9.86×10^{-1}	1.15×10^{-2}
15	1.23×10^{-3}	3.91×10^{-2}	9.86×10^{-1}	9.91×10^{-1}	9.77×10^{-1}	2.23×10^{-2}
22	2.48×10^{-3}	4.94×10^{-2}	9.78×10^{-1}	9.86×10^{-1}	9.64×10^{-1}	4.27×10^{-2}
29	4.99×10^{-3}	6.26×10^{-2}	9.66×10^{-1}	9.77×10^{-1}	9.43×10^{-1}	7.95×10^{-2}
36	1.01×10^{-2}	7.94×10^{-2}	9.45×10^{-1}	9.63×10^{-1}	9.10×10^{-1}	1.43×10^{-1}
43	2.02×10^{-2}	1.01×10^{-1}	9.13×10^{-1}	9.41×10^{-1}	8.59×10^{-1}	2.41×10^{-1}
51	3.64×10^{-2}	1.24×10^{-1}	8.72×10^{-1}	9.13×10^{-1}	7.95×10^{-1}	3.52×10^{-1}
58	6.72×10^{-2}	1.54×10^{-1}	8.05×10^{-1}	8.70×10^{-1}	7.00×10^{-1}	4.95×10^{-1}
63	1.11×10^{-1}	1.86×10^{-1}	7.24×10^{-1}	8.23×10^{-1}	5.96×10^{-1}	6.80×10^{-1}
69	2.02×10^{-1}	2.36×10^{-1}	5.86×10^{-1}	7.42×10^{-1}	4.34×10^{-1}	8.87×10^{-1}
76	3.68×10^{-1}	3.11×10^{-1}	3.86×10^{-1}	6.27×10^{-1}	2.41×10^{-1}	9.75×10^{-1}
82	5.11×10^{-1}	3.74×10^{-1}	2.49×10^{-1}	5.43×10^{-1}	1.35×10^{-1}	9.95×10^{-1}
89	7.07×10^{-1}	4.77×10^{-1}	1.10×10^{-1}	4.31×10^{-1}	4.70×10^{-2}	1.00×10^{0}
95	8.33×10^{-1}	5.76×10^{-1}	4.89×10^{-2}	3.48×10^{-1}	1.67×10^{-2}	1.00×10^{0}
102	9.07×10^{-1}	6.66×10^{-1}	2.38×10^{-2}	2.77×10^{-1}	6.45×10^{-3}	1.00×10^{0}
108	9.25×10^{-1}	6.96×10^{-1}	1.93×10^{-2}	1.92×10^{-1}	4.63×10^{-3}	1.00×10^{0}
114	9.52×10^{-1}	7.48×10^{-1}	1.31×10^{-2}	1.57×10^{-1}	2.44×10^{-3}	1.00×10^{0}
120	9.68×10^{-1}	7.85×10^{-1}	9.60×10^{-3}	1.34×10^{-1}	1.45×10^{-3}	1.00×10^{0}
128	9.77×10^{-1}	8.11×10^{-1}	7.53×10^{-3}	1.03×10^{-1}	9.71×10^{-4}	1.00×10^{0}
135	9.87×10^{-1}	8.49×10^{-1}	4.99×10^{-3}	6.89×10^{-2}	4.90×10^{-4}	1.00×10^{0}
142	9.94×10^{-1}	8.93×10^{-1}	2.71×10^{-3}	4.88×10^{-2}	1.77×10^{-4}	1.00×10^{0}
149	9.97×10^{-1}	9.21×10^{-1}	1.59×10^{-3}	3.31×10^{-2}	7.29×10^{-5}	1.00×10^{0}
157	9.99×10^{-1}	9.44×10^{-1}	8.68×10^{-4}	2.21×10^{-2}	2.67×10^{-5}	1.00×10^{0}
166	1.00×10^{0}	9.61×10^{-1}	4.52×10^{-4}	6.62×10^{-2}	9.16×10^{-6}	1.00×10^{0}
175	1.00×10^{0}	9.71×10^{-1}	2.54×10^{-4}	1.58×10^{-2}	3.61×10^{-6}	1.00×10^{0}
183	1.00×10^{0}	9.79×10^{-1}	1.43×10^{-4}	1.14×10^{-2}	1.44×10^{-6}	1.00×10^{0}
188	1.00×10^{0}	9.82×10^{-1}	9.73×10^{-5}	9.26×10^{-3}	7.74×10^{-7}	1.00×10^{0}
200	1.00×10^{0}	9.89×10^{-1}	3.34×10^{-5}	5.57×10^{-3}	1.48×10^{-7}	1.00×10^{0}
215	1.00×10^{0}	9.92×10^{-1}	1.39×10^{-5}	4.04×10^{-3}	4.16×10^{-8}	1.00×10^{0}
230	1.00×10^{0}	9.95×10^{-1}	4.34×10^{-6}	2.87×10^{-3}	8.35×10^{-9}	1.00×10^{0}
244	1.00×10^{0}	9.97×10^{-1}	1.39×10^{-6}	2.20×10^{-3}	1.86×10^{-9}	1.00×10^{0}
260	1.00×10^{0}	9.98×10^{-1}	3.42×10^{-7}	2.21×10^{-3}	2.09×10^{-9}	1.00×10^{0}
275	1.00×10^{0}	9.99×10^{-1}	5.97×10^{-8}	1.53×10^{-3}	1.95×10^{-10}	1.00×10^{0}
290	1.00×10^{0}	1.00×10^{0}	1.48×10^{-8}	1.17×10^{-3}	2.86×10^{-11}	1.00×10^{0}
296	1.00×10^{0}	1.00×10^{0}	9.54×10^{-9}	9.35×10^{-4}	7.53×10^{-12}	1.00×10^{0}
302	1.00×10^{0}	1.00×10^{0}	6.27×10^{-9}	5.19×10^{-4}	1.78×10^{-12}	1.00×10^{0}

Burada n model hesaplarında kullandığımız kabuk numarasıdır. Her bir model için yaklaşık 300 kabuk için hesap yapılmış olup, tabloda sadece seçilmiş kabuk değerleri verilmiştir.



Profesyonel Model ($0.7M_\odot$ için)