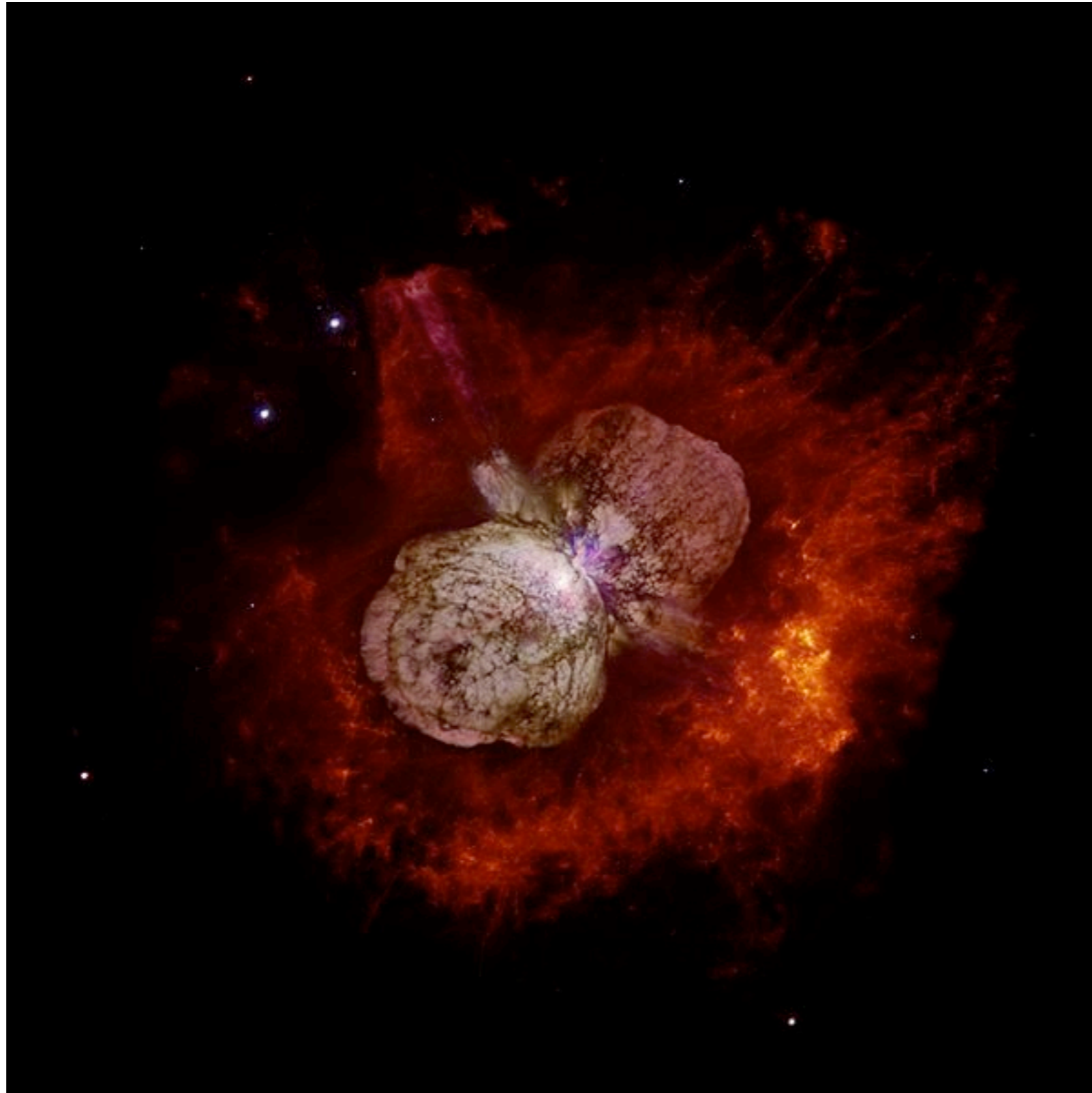


Ævilok hámassa stjarna

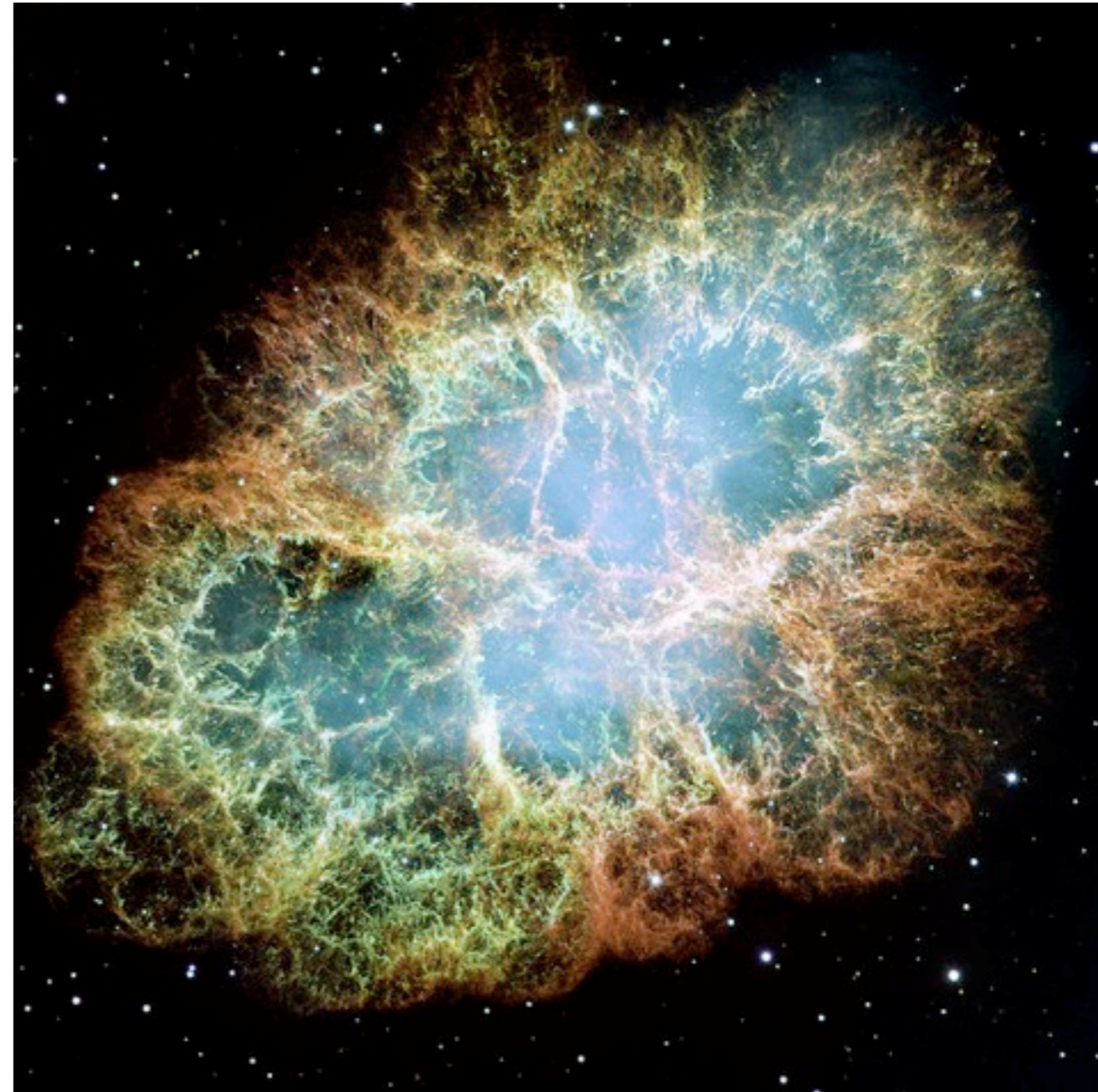


η (eta) Carinae - er á leið að springa!



Ævilok hámassa stjarna

- ~99% stjarna hafa upphafs massa undir 8 sólmössum
 - Enda ævi sína sem hvítir dvergar
- Hvað ef upphafsmassinn er meiri en 8 sólmassar?



Krabbapokan / M1 (leifar SN 1054)

Áframhald kjarnasamruna

- Sífelld hærra hita þarf til að framkvæma kjarnasamruna eftir því sem kjarnarnir verða stærri
 - Í lágmassa stjörnum stoppar því kjarnasamruninn við samruna helíns
- Hámassa stjörnur búa yfir nægum massa til að kjarnasamruni haldi áfram:
 - Fyrir kolefnissamruna þarf 930 milljón gráður
 - 1700 milljón gráður fyrir neonsamruna
 - 2,3 milljarða gráða fyrir súrefnissamruna
 - 4 milljarða gráða fyrir samruna kísils yfir í járn

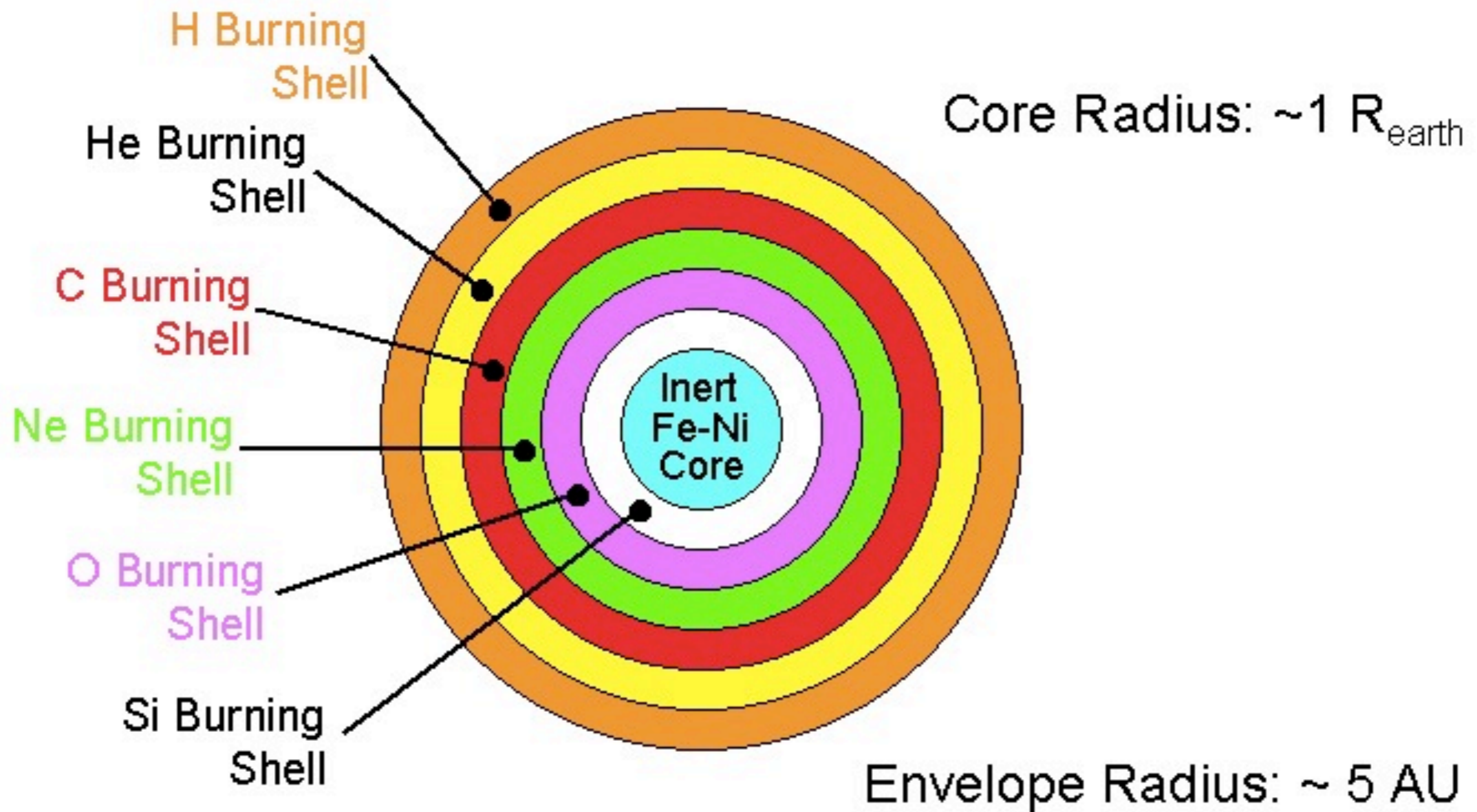
Áframhald kjarnasamruna

- Eftir að kolefni tekur að safnast fyrir í kjarnanum og hitinn er nægilegur fyrir samruna myndast neon:
 - $C-12 + C-12 \rightarrow Ne-20 + \alpha$
- Nú safnast neon fyrir innst þar til það brotnar aftur niður og súrefni safnast fyrir innst í kjarnanum:
 - $Ne-20 - \alpha \rightarrow O-16$
- Þegar hitinn nær 2,3 milljörðum gráða hefst samruni súrefnis:
 - $O-16 + O-16 \rightarrow Si-28 + \alpha$

Áframhald kjarnasamruna

- Samruni þyngstu frumefnanna hverju sinni fer fram innst í kjarna stjörnunnar og myndunarefnnin „sökva til botns“
- Þar fyrir utan tekur við *skeljabruni* sífelld léttari efna og er vetnissamruni yst
- Þessi lagskipta miðja (minnir helst á lauk) er þó aðeins örsmár hluti af heildarþvermáli stjörnunnar!
- Sífelld minni orka losnar við samruna þyngri efna og þau endast því sífelld skemur

Lagskipting miðju hámassa stjörnu



Staðlaða Lotukerfið

1 IA H Vetni 1.00794	New Original																18 VIIIA He Helín 4.002602
2 Li Litín 6.941	3 Be Beryllín 9.012182											13 IIIA B Bór 10.811	14 IVA C Kolefni 12.0107	15 VA N Nitur 14.00674	16 VIA O Súrefni 15.9994	17 VIIA F Flúor 18.9984032	18 VIIIA Ne Neon 20.1797
3 Na Natrín 22.989770	4 Mg Magnesín 24.3050	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIIIB	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA Al Ál 26.981538	14 IVA Si Kísill 28.0855	15 VA P Fosfór 30.973761	16 VIA S Brennisteinn 32.066	17 VIIA Cl Klór 35.453	18 VIIIA Ar Argon 39.948
4 K Kalsín 39.0983	20 Ca Kalsín 40.078	21 Sc Skandín 44.955910	22 Ti Títan 47.867	23 V Vanadín 50.9415	24 Cr Króm 51.9961	25 Mn Mangan 54.938049	26 Fe Járn 55.8457	27 Co Kóbolt 58.933200	28 Ni Nikkel 58.6934	29 Cu Kopar 63.546	30 Zn Sink 65.409	31 IIIA Ga Gallín 69.723	32 IVA Ge German 72.64	33 VA As Arsen 74.92160	34 VIA Se Selan 78.96	35 VIIA Br Bróm 79.904	36 VIIIA Kr Krypton 83.798
5 Rb Rúbídín 85.4678	38 Sr Strontín 87.62	39 Y Yttrín 88.90585	40 Zr Sírkón 91.224	41 Nb Níóbín 92.90638	42 Mo Mólybden 95.94	43 Tc Teknetín (98)	44 Ru Rúpen 101.07	45 Rh Ródín 102.90550	46 Pd Palladín 106.42	47 Ag Silfur 107.8682	48 Cd Kadmín 112.411	49 IIIA In Índín 114.818	50 IVA Sn Tin 118.710	51 VA Sb Antimon 121.760	52 VIA Te Tellúr 127.60	53 VIIA I Jód 126.90447	54 VIIIA Xe Xenon 131.293
6 Cs Sesín 132.90545	56 Ba Barín 137.327	57 to 71	72 Hf Hafnín 178.49	73 Ta Tantal 180.9479	74 W Volfram 183.84	75 Re Renín 186.207	76 Os Osmín 190.23	77 Ir Írídín 192.217	78 Pt Platina 195.078	79 Au Gull 196.96655	80 Hg Kvikasilfur 200.59	81 IIIA Tl Ballín 204.3833	82 IVA Pb Bly 207.2	83 VA Bi Bismút 208.98038	84 VIA Po Pólón (209)	85 VIIA At Astat (210)	86 VIIIA Rn Radon (222)
7 Fr Fransín (223)	88 Ra Radín (226)	89 to 103	104 Rf Rutherfordín (261)	105 Db Dubnín (262)	106 Sg Seborgín (266)	107 Bh Bohrín (264)	108 Hs Hassín (269)	109 Mt Meitnerín (268)	110 Ds Darmstadtín (271)	111 Rg Röntgenín (272)	112 Uub Ununbín (285)	113 IIIA Uut Ununtrín (284)	114 IVA Uuq Ununquath (289)	115 VA Uup Ununpentín (288)	116 VIA Uuh Ununhexín (292)	117 VIIA Uus Ununseptín	118 VIIIA Uuo Ununoctín

For elements with no stable isotopes, the mass number of the isotope with the longest half-life is in parentheses.

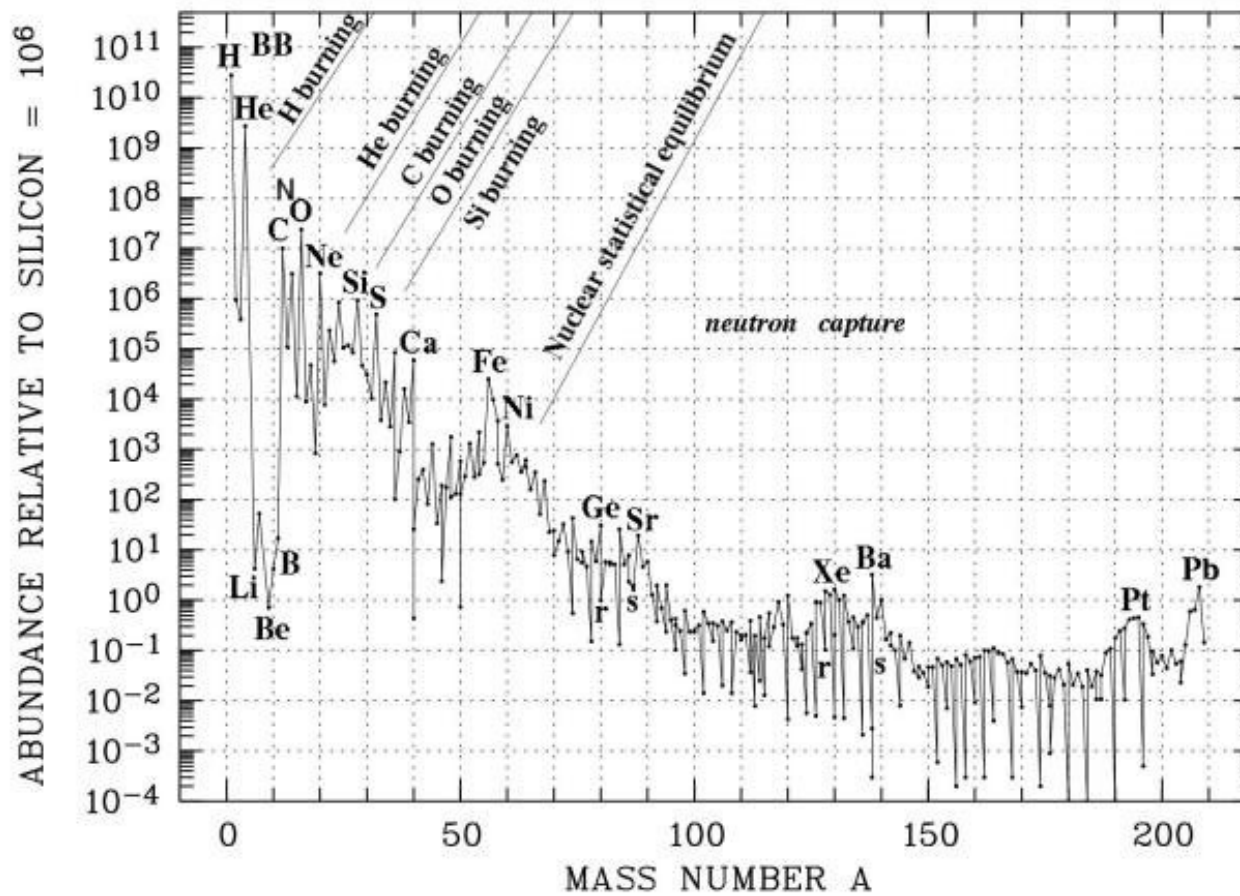
Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com). <http://www.dayah.com/periodic>

The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

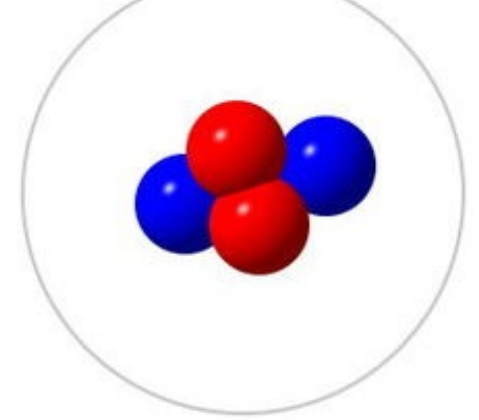
57 La Lantan 138.9055	58 Ce Serín 140.116	59 Pr Prasædým 140.90765	60 Nd Neodým 144.24	61 Pm Prómetín (145)	62 Sm Samarín 150.36	63 Eu Evrópín 151.964	64 Gd Gadólin 157.25	65 Tb Terbín 158.92534	66 Dy Dysprósín 162.500	67 Ho Hólmin 164.93032	68 Er Erbín 167.259	69 Tm Túlín 168.93421	70 Yb Ytterbín 173.04	71 Lu Lútetín 174.967
89 Ac Aktín (227)	90 Th Dórín 232.0381	91 Pa Prótaktín 231.03688	92 U Úran 238.02891	93 Np Neptúnín (237)	94 Pu Plútón (244)	95 Am Ameríkín (243)	96 Cm Kúrín (247)	97 Bk Berkelín (247)	98 Cf Kalifornín (251)	99 Es Einsteinín (252)	100 Fm Fermin (257)	101 Md Mendelevín (258)	102 No Nóbélín (259)	103 Lr Lawrensín (262)

Algengustu frumefnin

- Engin tilviljun hvaða frumefni eru algengust í alheiminum!
=>He-kjarnar sameinast í þyngri efni
- U.þ.b. annað hvert frumefni algengt (búið til úr He-kjörnum)



Algengustu frumefnin eru búin til úr He-kjörnum í sólstjörnum!



1 IA		New Original										IIA										IIIA										IVA										VA										VIA										VIIA										2																																																																																											
1	H																																																																							He																																																																																											
2	Li	Be																																																																						Ne																																																																																											
3	Na	Mg										Al										Si										P										S										Cl										Ar																																																																																																					
4	K	Ca										Sc										Ti										V										Cr										Mn										Fe										Co										Ni										Cu										Zn										Ga										Ge										As										Se										Br										Kr	
5	Rb	Sr										Y										Zr										Nb										Mo										Tc										Ru										Rh										Pd										Ag										Cd										In										Sn										Sb										Te										I										Xe	
6	Cs	Ba										57 to 71										Hf										Ta										W										Re										Os										Ir										Pt										Au										Hg										Tl										Pb										Bi										Po										At										Rn	
7	Fr	Ra										89 to 103										Rf										Db										Sg										Bh										Hs										Mt										Ds										Rg										Uub										Uut										Uuq										Uup										Uuh										Uus										Uuo	

For elements with no stable isotopes, the mass number of the isotope with the longest half-life is in parentheses.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), <http://www.dayah.com/periodic/>

The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr

Áframhald kjarnasamruna

- Samruni kísils yfir í járn fer fram við 4 milljarða gráða:
 - $\text{Si-28} + \text{Si-28} \rightarrow \text{Fe-56}$
- Kísilkjarnarnir „molna“ niður við þessar aðstæður og myndast við það töluvert magn helínkjarna (α -agna)
 - Þessar α -agnir hlaðast utan á þyngri frumeindakjarna og myndast við þetta mörg önnur þyngri frumefni
- Utan frá sést ekkert hvað gengur á í miðju stjörnunnar og ytri lögin þenjast út og margir sólmassar tapast af yfirborði stjörnunnar (sbr. η *Carinae*!)

„Járnkatastrófan“

- Járn, afurð kísilsamrunans, fer nú að safnast saman innst í kjarna stjörnunnar
 - Frekari orkulosun með kjarnasamruna er ekki möguleg en skeljabruni heldur áfram utan um járnkjarnann
- Smám saman safnast utan á járnkjarnann innst þar til hann nær *markmassa Chandrasekhars*, um 1,4 sólmössum og fellur þá kjarninn saman undan eigin þunga
- Nú snarhækkar hitinn og orkuríkir gammageislar brjóta niður Fe-kjarnana í hvarfi sem er mjög *innvermið* (það tekur til sín orku úr umhverfinu)
 - Hitinn lækkar við það og samþjöppunin verður hraðari

Sprengistjörnur II

- Við þessar aðstæður taka róteindir að gleypa rafeindir og mynda óhlaðnar nifteindir:
 - $p + e^- \rightarrow n$
 - Við þetta hvarf losna líka orkumiklar *fiseindir* úr kjarnanum
- Á nokkrum millisekúndum fellur miðjan saman með sífelld meiri hraða og eðlismassinn hækkar úr 10^{12} kg/m^3 í rúmlega 10^{17} kg/m^3
- Samþjöppunin stöðvast skyndilega þegar nifteindirnar skella saman við eðlismassa nálægt 10^{18} kg/m^3
 - *Nifteindaþrýstingurinn* hindrar frekari samþjöppun

Sprengistjörnur II

- Þegar kjarni stjörnunnar fellur saman á augnabliki falla ytri lögin inn á við með miklum hraða
- Innfallandi efni rekst á nifteindaköggulinn í miðju
 - Mikil höggbylgja myndast sem breiðist hratt út á við
 - Efnispéttleikinn í höggbylgjunni er svo mikill að fiseindirnar stöðvast að hluta til í gasinu og snögghita það - enn hraðari útpensla
- Ytri lög stjörnunnar tæstast því í sundur í mikilli sprengingu sem getur orðið jafn björt og heil vetrarbraut!

Sprengistjörnur

- Sem betur fer hafa sprengistjörnur sprungið langt frá okkur á sögulegum tíma
- Gríðarleg birta sprengistjarna er aðeins lítið brot af heildarorkunni sem losnar
 - Um 99% orkunnar losnar í gríðarlegum, ósýnilegum fiseindablossa
 - Orka fiseindanna sem barst til jarðar frá *SN 1987A* á nokkrum sekúndum var meiri en samanlögð sú orka sem borist hefur okkur frá Sólinni frá því Jörðin myndaðist!
- Talið er að á hverri öld springi að jafnaði ein til tvær stjörnur í vetrarbrautinni okkar

SN 1987A



- Stjarna springur- tölvugert myndskaið:

<http://www.youtube.com/watch?v=dkg5-qXjfRU>

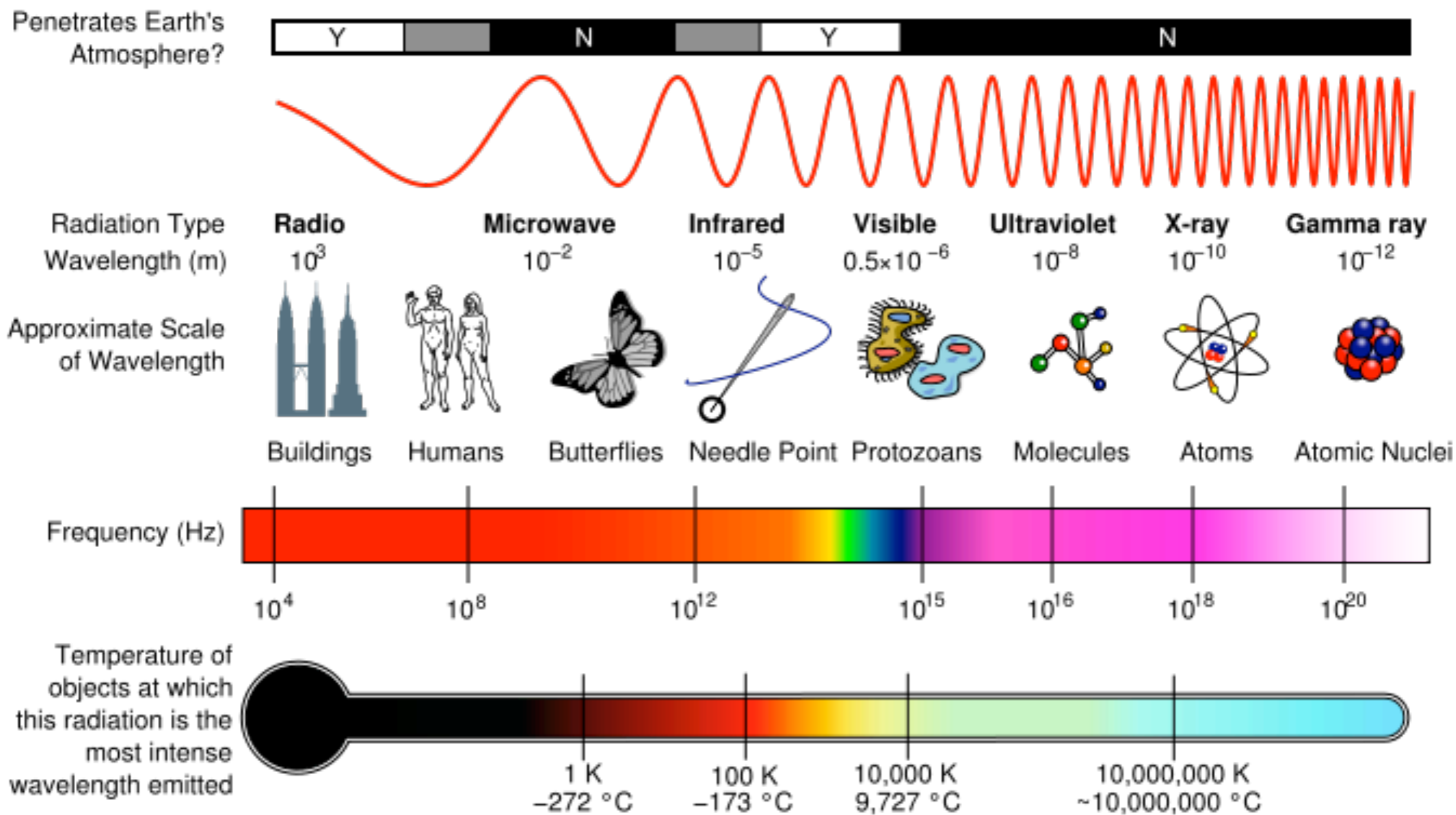
Gerðir sprengistjarna

- Sprengistjörnur að ofangreindri gerð kallast *sprengistjörnur af gerð II*
- Sprengistjörnur sem myndast við sprengingu hvítra dverga í tvístirnum eru af *gerð Ia*
- *Sprengistjörnur af gerðum Ib og Ic* eru líklega sams konar og *gerð II*
 - Orsakast líklega af enn massameiri stjörnum sem feykt hafa ytri lögum sínum í burtu og afhjúpað helín- og kolefnishvelin sem umlykja miðju stjarnanna (*Wolf-Rayet* stjörnur)

Gammablossar og gríðarstirni

- Ein helsta ráðgáta stjarnvísindanna eru hinir dularfullu *gammablossar*
 - Gammageislun er orkuríkasta ljósgeislun sem þekkt og blossomir geisla frá sér á nokkrum sekúndum jafnmikilli orku og Sólin yfir alla ævi sína!!
- Blossanna varð fyrst vart árið 1970 með gervitunglum sem voru hönnuð til að nema gammageislun frá kjarnorkusprengingum á jörðu í kalda stríðinu
- Gríðarlegan hita eða hamfarir þarf til að framkalla gammageislun og töldu stjarnfræðingar þessi fyrirbæri í fyrstu vera svarthol eða nifteindastjörnur að renna saman eða þá sprengistjörnur

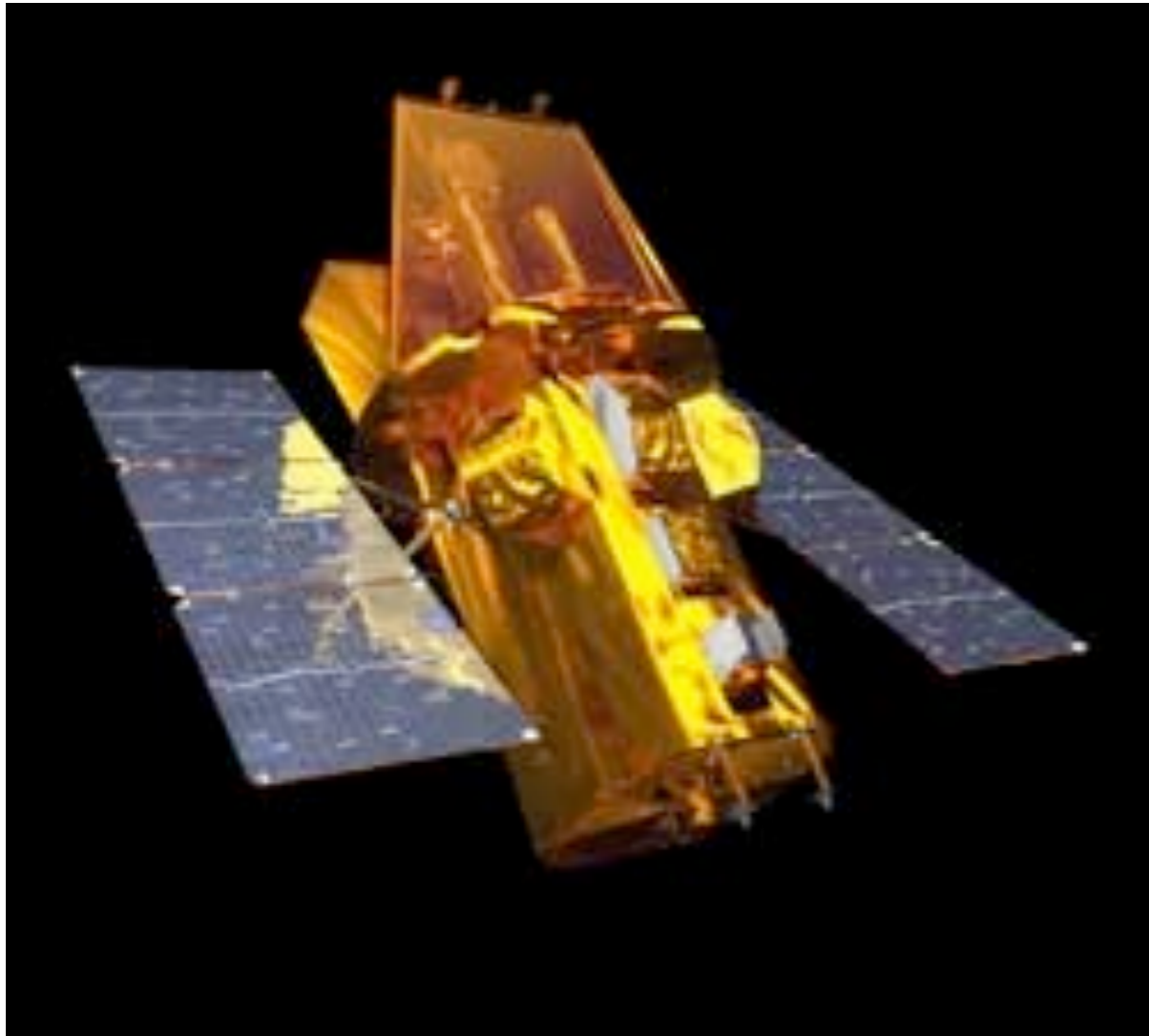
Rafsegulrófið



Gammablossar og gríðarstirni

- Árið 1997 náðist að finna hýsilvetrarbrautir blossanna og reyndust flestar í margra milljarða ljósára fjarlægð
- Árið 2004 var SWIFT gervihnettinum skotið á loft sem var sérhannaður til að bregðast skjótt við gammablossum og beina sjónaukum sínum að þeim þegar þeirra varð vart
- Gammablossar eru af tveimur gerðum sem byggjast á því hversu lengi þeir endast
 - STUTTIR BLOSSAR birtast og hverfa á innan við tveimur sekúndum
 - óljóst er hvernig þeir myndast - LENGRI BLOSSAR: Sprengistjarna!

SWIFT-gervitunglið

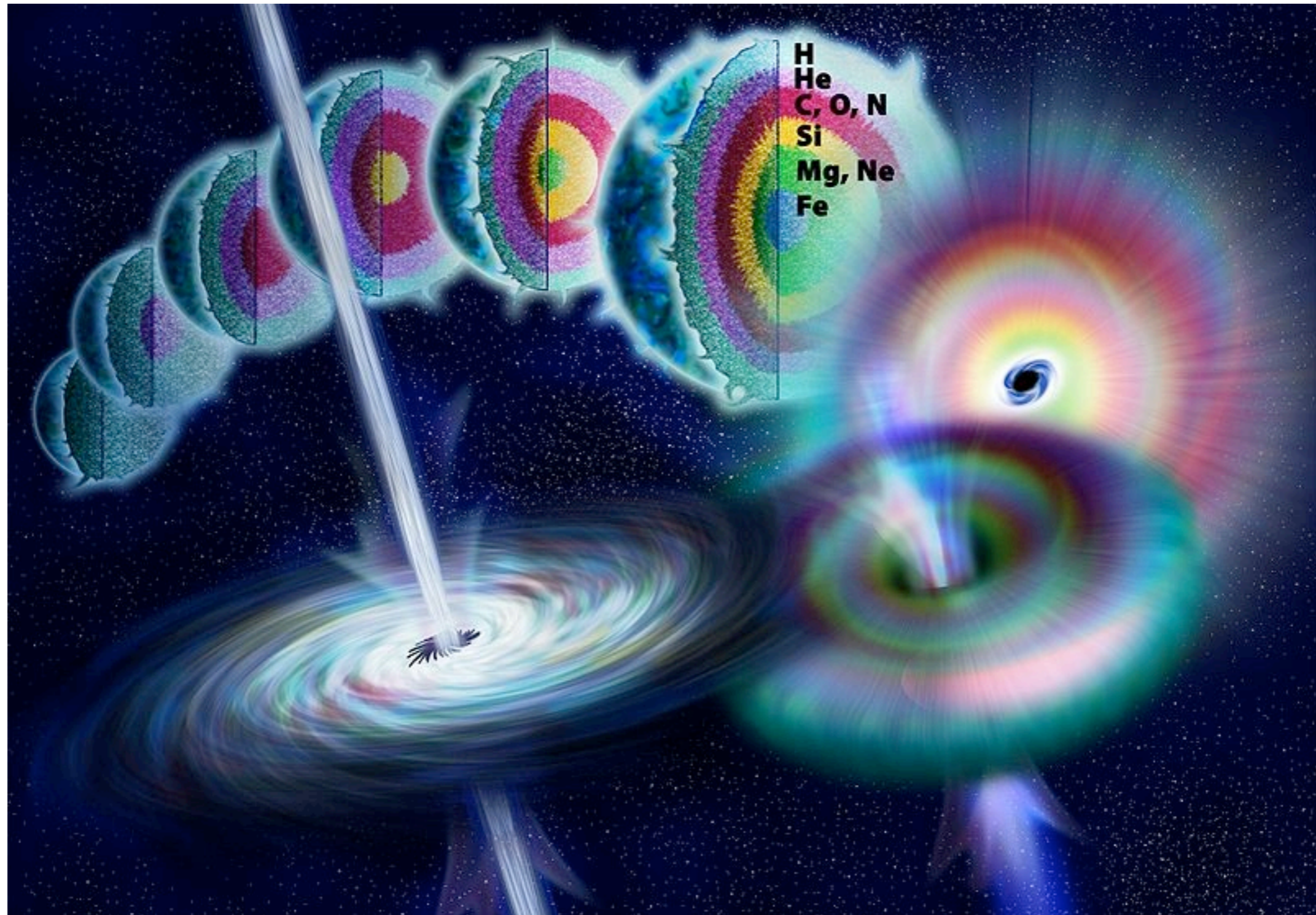


Rannsóknir á gammablossum



- Mjög frjótt rannsóknarsvið
- Tengist upphafi stjarna og vetrarbrauta
- Íslendingar taka virkan þátt!
- Páll Jakobsson fær SMS við gammablossa
- Fer á netið og fær tíma í sjónauka til að skoða „glæðurnar“ eftir nýfundinn blossa
- Má engan tíma missa, önnur verkefni í sjónaukanum fara á bið!

Gammablossar og gríðarstirni



- Gammablossi - tölvugert myndskaið (efsta myndskaiðið):

<http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a011400/a011407/>