तारों का विकास

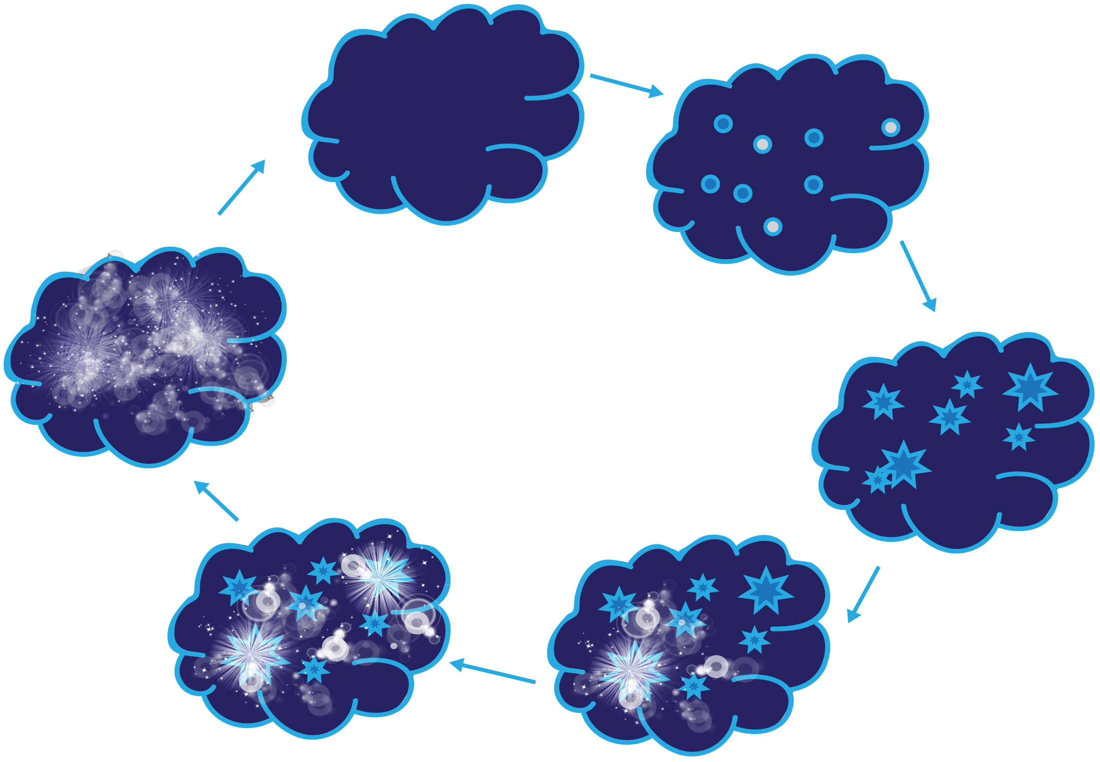
आनन्द नारायणन

मनुष्य की आयु के मान से देखें तो सूर्य और अन्य तारे तो शाश्वत नज़र आते हैं। लेकिन तारों का भी जन्म होता है और उनकी भी मृत्यु होती है। यदि ऐसा न होता तो हम उनकी कथा सुनाने को यहाँ न होते। एक अनूठे ढंग से पृथ्वी पर जीवन उन सितारों की बदौलत सम्भव हुआ है जो बहुत समय पहले सिधार गए थे। इस लेख में तारकीय विकास की दिलकश कहानी को टटोला गया है।

तत्वों की आवर्त तालिका से तो हम सभी परिचित हैं। इसमें पृथ्वी पर मौजूद समस्त जीवित व निर्जीव पदार्थों को बनाने वाली मूलभूत रासायनिक निर्माण इकाइयाँ कई सारी पंक्तियों में सजी हैं (**देखें चित्र-1**)। किन्तु क्या आपने कभी यह विचार किया है कि ये तत्व आए कहाँ से? ऑक्सीजन जिसमें हम साँस लेते हैं, हमारी हड्डियों का कैल्शियम, हमारे ख़ून में लौह और हमारे डीएनए का नाइट्रोजन – वे कौन-सी प्रक्रियाएँ हैं, जिन्होंने इतनी विविधता को जन्म दिया है? शायद अविश्वसनीय लगे किन्तु तथ्य यह है कि पूरे ब्रह्माण्ड में एक ही जगह है जहाँ इन सारे तत्वों का निर्माण (संश्लेषण) हो सकता है – तारों के अन्दरूनी भाग में। बहुत समय पहले मर चुके इन तारों के बग़ैर न तो पृथ्वी जैसे ग्रह होते और न हमारा जाना-पहचाना जीवन। तारों के विकास ने कैसे जीवन के विकास का मार्ग प्रशस्त किया है, इसे समझने के लिए

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 1																	He 2
2	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	*	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	**	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118
8	Uue 119																	
*lanthanoids			La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	
**actinoids			Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103	

चित्र-1 : आवर्त तालिका



चित्र-2 : तारों का जीवन चक्र। तारे अन्तरतारकीय गैस बादलों से जन्म लेते हैं। ऐसे बादल के अन्दर विखण्डन एक नहीं बल्कि कई तारों को जन्म देता है। इनमें से कुछ तारे अल्प-द्रव्यमान वाले होंगे (जैसे सूरज) और कुछ अत्यन्त विशाल होंगे। तारे चन्द करोड़ से लेकर अरबों साल तक जीते हैं। इस दौरान वे कई तत्वों का संश्लेषण करते हैं और जीवन की समाप्ति पर वे अपने द्वारा संश्लेषित भारी तत्वों को अन्तरतारकीय माध्यम में उँडेल देते हैं। (License : CC-BY-NC)

आइए तारों के दैदीप्यमान जीवन को बारीकी से देखते हैं – क्या चीज़ है जो उन्हें इतना चमकदार बनाती है और जब वे चमकना बन्द कर देते हैं, तब क्या होता है।

तारकीय जीवनचक्र

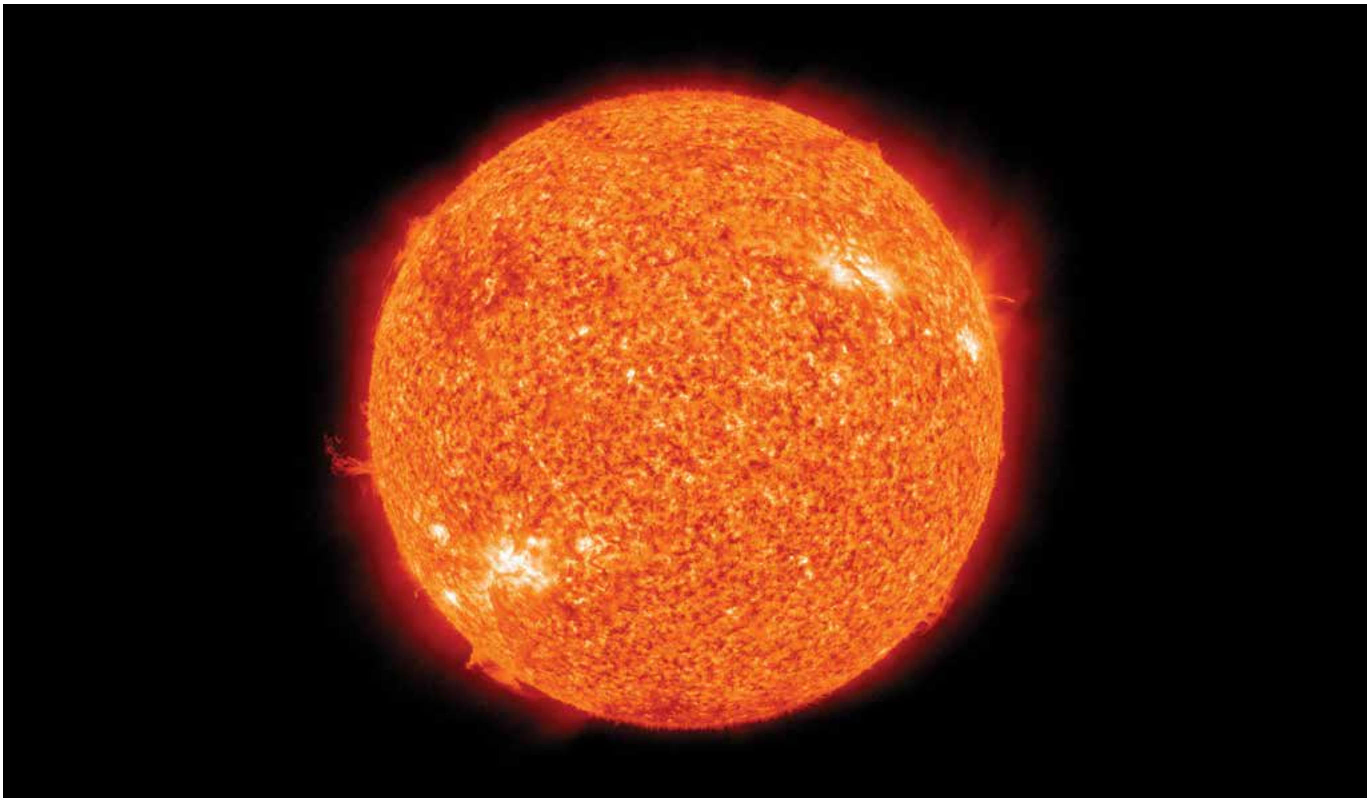
तारों के जन्म, अपेक्षाकृत परिपक्व अवस्था तक उनके विकास और अन्ततः मृत्यु तक उनके जीवन को खगोलशास्त्री तारकीय जीवनचक्र कहते हैं (**देखें चित्र-2**)। जीवनचक्र शब्द से लगता है कि यह एक ऐसी प्रक्रिया है जो लगातार दोहराई जाती है और वास्तव में ऐसा ही है।

तारों का जन्म अन्तरतारकीय माध्यम (तारों के बीच का क्षेत्र) में हाइड्रोजन गैस के बादलों में से होता है। जब उनकी मृत्यु होती है तो वे अन्तरतारकीय क्षेत्र को वही गैस लौटा देते हैं। अलबत्ता एक प्रमुख अन्तर होता है। तारे जो गैस अन्तरतारकीय माध्यम में लौटाते हैं उसमें हाइड्रोजन से भारी ऐसे तत्वों की प्रचुरता होती है जो तारों ने अपने जीवन काल में संश्लेषित किए थे। अर्थात हर तारे की मृत्यु आस-पास के अन्तरतारकीय माध्यम को अपेक्षाकृत भारी तत्वों से समृद्ध कर देती है। चूँकि तारों की नई-नई पीढ़ियाँ इसी अन्तरतारकीय गैस से जन्म लेती हैं, इसलिए यह चक्र दोहराया जाता है।

तारों का जन्म

तारे हाइड्रोजन गैस के विशाल गोलों के रूप में जन्म लेते हैं, जिसमें अल्प मात्रा में हीलियम भी होती है। उनका पूरा जीवन हाइड्रोजन से शुरू करके हल्के तत्वों से भारी तत्वों के निर्माण में बीतता है। किन्तु हमें यह बात पता कैसे चली?

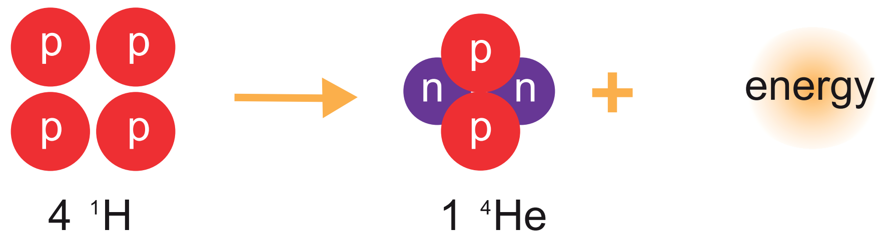
हालाँकि हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) में अरबों तारे हैं, लेकिन वे हमसे बहुत दूर हैं। यदि हम इतनी बड़ी-बड़ी दूरियाँ तय करने का तरीक़ा खोज लें, तो भी हम उन पर उतर नहीं सकेंगे – वे जिस विपुल मात्रा में ऊर्जा छोड़ते हैं, उसके आगे हम जीवित नहीं रहेंगे (**देखें चित्र-3**)। इन कठिनाइयों के बावजूद हमने उनका अध्ययन करने के लिए कुछ चतुर तरीक़े खोज लिए हैं। इनमें से कुछ तरीक़े हमारे सबसे पास के तारे – यानी सूर्य – पर आधारित हैं। सूर्य से आने वाले प्रकाश का अध्ययन पहले प्रिज़्म की मदद से और फिर परिष्कृत वर्णक्रममापी यंत्रों की मदद से करने पर काली रेखाओं का एक विचित्र पैटर्न देखने को मिला। परमाणु वर्णक्रम के बारे में हमारी समझ कहती है कि ये रेखाएँ इसलिए उत्पन्न होती हैं क्योंकि सूर्य की सतह पर उपस्थित कुछ परमाणु निश्चित तरंग लम्बाइयों के प्रकाश का अवशोषण करते हैं। हम यह निष्कर्ष निकाल पाए हैं कि ये रेखाएँ उत्पन्न करने वाले तत्व हाइड्रोजन, सोडियम, हीलियम, मैग्नीशियम और कैल्शियम वग़ैरह हैं। अलबत्ता, इन अवलोकनों की मदद से हम मात्र सूर्य की सतह के संघटन का अध्ययन कर पाते हैं। फिर हमें सूर्य के केन्द्रीय भाग (कोर) का संघटन कैसे पता?



चित्र-3 : SOHO अन्तरिक्ष वेधशाला द्वारा खींचा गया सूरज का फ़ोटो। सूरज की सतह का तापमान लगभग 6500 केल्विन है।

Credits: NASA/SDO (AIA), Wikimedia Commons. URL: https://simple.wikipedia.org/wiki/File:The_Sun_by_the_Atmospheric_Imaging_Assembly_of_NASA%27s_Solar_Dynamics_Observatory_-_20100819.jpg. License: CC-BY.

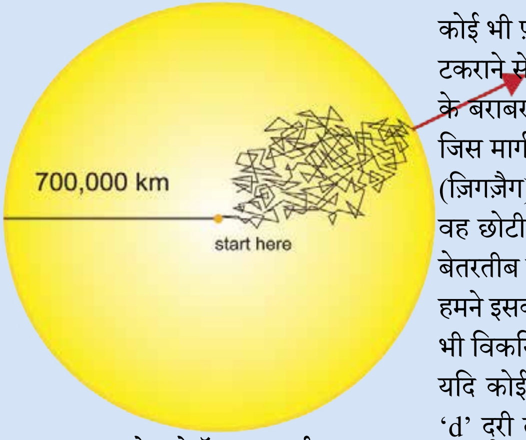
यह विचार 1930 के दशक में ध्यान आकर्षित करने लगा था कि हाइड्रोजन के परमाणु नाभिकीय संलयन नामक प्रक्रिया (**देखें चित्र-4**) के माध्यम से संलयित होकर हीलियम का परमाणु बना सकते हैं। इस प्रक्रिया में भारी मात्रा में ऊर्जा मुक्त होगी। अलबत्ता, इस बात के प्रमाण 1985 में जाकर मिलने लगे कि हो सकता है कि सूर्य के केन्द्र में यह प्रक्रिया हो रही हो और भारी मात्रा में ऊर्जा उत्पन्न हो रही हो। इसके प्रमाण हमें केमिओकांडे (सुपर-के) डिटेक्टर के निर्माण के बाद मिलने लगे थे। ये डिटेक्टर पृथ्वी की सतह से 1000 मीटर की गहराई पर लगाए गए हैं और इन्हें इस तरह बनाया गया है कि ये उप-परमाणविक कणों (जैसे सौर न्यूट्रिनो) को पकड़कर उनका अध्ययन कर सकें। न्यूट्रिनो (जिन्हें कभी-कभी भुतहा कण भी कहते हैं) निहायत छोटे, लगभग संहति-विहीन और आवेश-विहीन कण होते हैं जो तक़रीबन प्रकाश की रफ़्तार से चलते हैं। चूँकि हम इनके बनने का कोई और तरीक़ा नहीं जानते, इसलिए इनकी उपस्थिति को सूर्य के कोर में चल रही नाभिकीय संलयन की क्रिया का प्रमाण माना जाता है।



चित्र-4 : सूरज की चमक हाइड्रोजन नाभिकों (प्रोटॉन) के संलयन द्वारा हीलियम के नाभिक बनाने की क्रिया की बदौलत है। चार हाइड्रोजन नाभिक संलयित होकर हीलियम का एक नाभिक बनाते हैं। एक हीलियम नाभिक का द्रव्यमान चार प्रोटॉन्स के द्रव्यमान के योग से 0.7 प्रतिशत कम होता है। द्रव्यमान में होने वाली यह कमी ऊर्जा के रूप में मुक्त हो जाती है। यह ऊर्जा सूरज के अन्दरूनी भाग को गर्म करती है और सतह से विकिरित हो जाती है।
Credits: Adapted from Pearson Education, publishing as Addison Wesley.

सूर्य की सतह, जो हमें आँखों से बग़ैर किसी उपकरण की मदद के दिखाई देती है, उसे फ़ोटोस्फ़ीयर कहते हैं। अनुमानों के मुताबिक़ इस परत से प्रति सेकंड क़रीब 3.8×10^{26} जूल ऊर्जा अन्तरिक्ष में फ़ोटॉन के रूप में छोड़ी जाती है (**देखें बॉक्स-1**)। भारत में सारे पनबिजली संयंत्र मिलकर साल भर में जितनी ऊर्जा उत्पन्न करते हैं यह उससे अरबों गुना ज़्यादा है। और निश्चित तौर पर सूर्य फ़ोटोस्फ़ीयर के ज़रिए जितनी ऊर्जा बाहर फेंकता है, उससे कहीं अधिक ऊर्जा का उत्पादन करता है जिसमें से अधिकांश तो उसके अन्दरूनी भाग को गर्म करने में ख़र्च हो जाती है (**देखें चित्र-6**)।

बॉक्स-1 : करोड़ों वर्षों की यात्रा



चित्र-5 : प्रकाश के फ़ोटॉन का मार्ग।
Credits: Adapted from images from National Geographic.

फ़ोटॉन प्रकाश के कण होते हैं। जब तारे के अन्दर होते हैं तो गैस के कण इन्हें लगातार इधर-उधर धकेलते यानी स्कैटर करते रहते हैं। ऐसी प्रत्येक अन्तरक्रिया में कुछ ऊर्जा का ह्रास होता है (**देखें चित्र-5**)। इस वजह से जब ये फ़ोटॉन सूरज की बाहरी परतों तक पहुँचते हैं, इनकी ऊर्जा शुरुआती ऊर्जा के मुक़ाबले लाखों गुना कम हो चुकी होती है। यही वे फ़ोटॉन हैं जो बाह्य अन्तरिक्ष में मुक्त विचरते हैं और यही हमें सूर्य के प्रकाश के रूप में नज़र आते हैं।

गणनाओं से पता चलता है कि तारे के अन्दर कोई भी फ़ोटॉन किसी इलेक्ट्रॉन या आयन से टकराने से पहले मिलीमीटर के भी दसवें भाग के बराबर यात्रा कर पाता है। अर्थात फ़ोटॉन जिस मार्ग पर आगे बढ़ेगा वह काफ़ी मोड़दार (ज़िगज़ैग) होगा और हर दो टक्करों के बीच वह छोटी-सी दूरी तय करेगा। ऐसी चाल को बेतरतीब चहलक़दमी या रैंडम वॉक कहते हैं। हमने इसका विवरण देने के लिए कुछ मॉडल्स भी विकसित किए हैं। एक मॉडल के अनुसार यदि कोई कण दो लगातार टक्करों के बीच ‘d’ दूरी तय करता है तो N टक्करों के बाद वह sqrt(N) x d दूरी तय कर लेगा।

चुनौती : आप आसानी से गणना कर सकते हैं कि सूरज के कोर में निर्मित किसी फ़ोटॉन को सतह (फ़ोटोस्फ़ीयर) तक आने में कितना समय लगेगा। सूरज की त्रिज्या 7 लाख किलोमीटर है। मान लीजिए कि दो लगातार टक्करों के बीच फ़ोटॉन एक मिलीमीटर के दसवें भाग के बराबर दूरी तय कर पाता है। फ़ोटॉन का वेग प्रकाश के वेग के बराबर है यानी 3 लाख किलोमीटर प्रति सेकंड।

सुराग़ : यह गणना कीजिए कि फ़ोटॉन को सूरज के अन्दर कितनी दूरी तय करनी होगी (यानी सूरज की त्रिज्या)। यह ऊपर के समीकरण में N का मान है। इसे 0.1 मिलीमीटर से गुणा कीजिए जो प्रत्येक क़दम की लम्बाई है। इससे आपको यह पता चल जाएगा कि फ़ोटॉन को कोर से सतह तक पहुँचने में कितनी दूरी तय करनी होगी। इस दूरी में प्रकाश के वेग का भाग देने पर पता चल जाएगा कि किसी फ़ोटॉन को कोर से सतह तक पहुँचने में कितना समय लगेगा।

आपको जो मान मिलेगा वह 5 लाख वर्ष के लगभग आएगा। सूर्य के प्रकाश को सूर्य से निकलने में इतना समय लगता है। थोड़ी देर विचार कीजिए कि सूर्य के कोर में बने फ़ोटॉन को 7 लाख किलोमीटर की दूरी तय करके सूर्य की सतह तक पहुँचने में 5 लाख वर्ष लग जाते हैं। एक बार फ़ोटोस्फ़ीयर के पार निकलने के बाद इसी फ़ोटॉन को 15 करोड़ किमी दूर पृथ्वी तक पहुँचने में मात्र 8 मिनट का समय लगता है। इस अन्तर का कारण यह है कि सूर्य के अन्दर फ़ोटॉन को अत्यन्त सघन पदार्थ का सामना करना पड़ता है। सूर्य के अन्दर पदार्थ का घनत्व सूर्य से पृथ्वी के बीच के विशाल अन्तरिक्ष के मुक़ाबले एक लाख गुना अधिक है।

सूर्य हमें जितना चमकीला दिखता है, उसके आधार पर भौतिकशास्त्रियों ने यह गणना की है कि उसके कोर में नाभिकीय संलयन की क्रिया किस रफ़्तार से हो रही होगी। और यह रफ़्तार बहुत अधिक है (**देखें बॉक्स-2**)। इतनी अधिक ऊर्जा उत्पादन को देखते हुए आश्चर्य होता है कि सूर्य फट क्यों नहीं जाता। ऐसा लगता है कि सारे तारों में एक सुरक्षा व्यवस्था होती है जो विस्फोट को रोकती है। तो यह सुरक्षा व्यवस्था काम कैसे करती है?

गैस (मुख्यतः हाइड्रोजन) का बादल तब तारा बन जाता है जब गुरुत्वाकर्षण की वजह से उसके परमाणु खिंचकर निकट आने लगते हैं। जैसे-जैसे गैस के कणों के बीच लग रहा गुरुत्वाकर्षण बल पदार्थ को संकुचित करके छोटे आकार में समेटता है, यह बादल धीरे-धीरे एक गेंद में तब्दील हो जाता है। जब यह बादल सिकुड़ता है तो धीरे-धीरे इसका घनत्व बढ़ते-बढ़ते इतना अधिक हो जाता

बॉक्स-2 : सूरज का ऊर्जा उत्पादन

सूरज के अन्दर हाइड्रोजन के संलयन से उत्पादित ऊर्जा की गणना आसानी से की जा सकती है। शुरुआत हम वहाँ से करते हैं जहाँ चार हाइड्रोजन नाभिक (प्रोटॉन) संलयित होकर एक हीलियम नाभिक बनाते हैं। हम जानते हैं कि

एक प्रोटॉन का द्रव्यमान = 1.67 x 10^{-27} किग्रा

एक हीलियम नाभिक का द्रव्यमान = 6.64 x 10^{-27} किग्रा

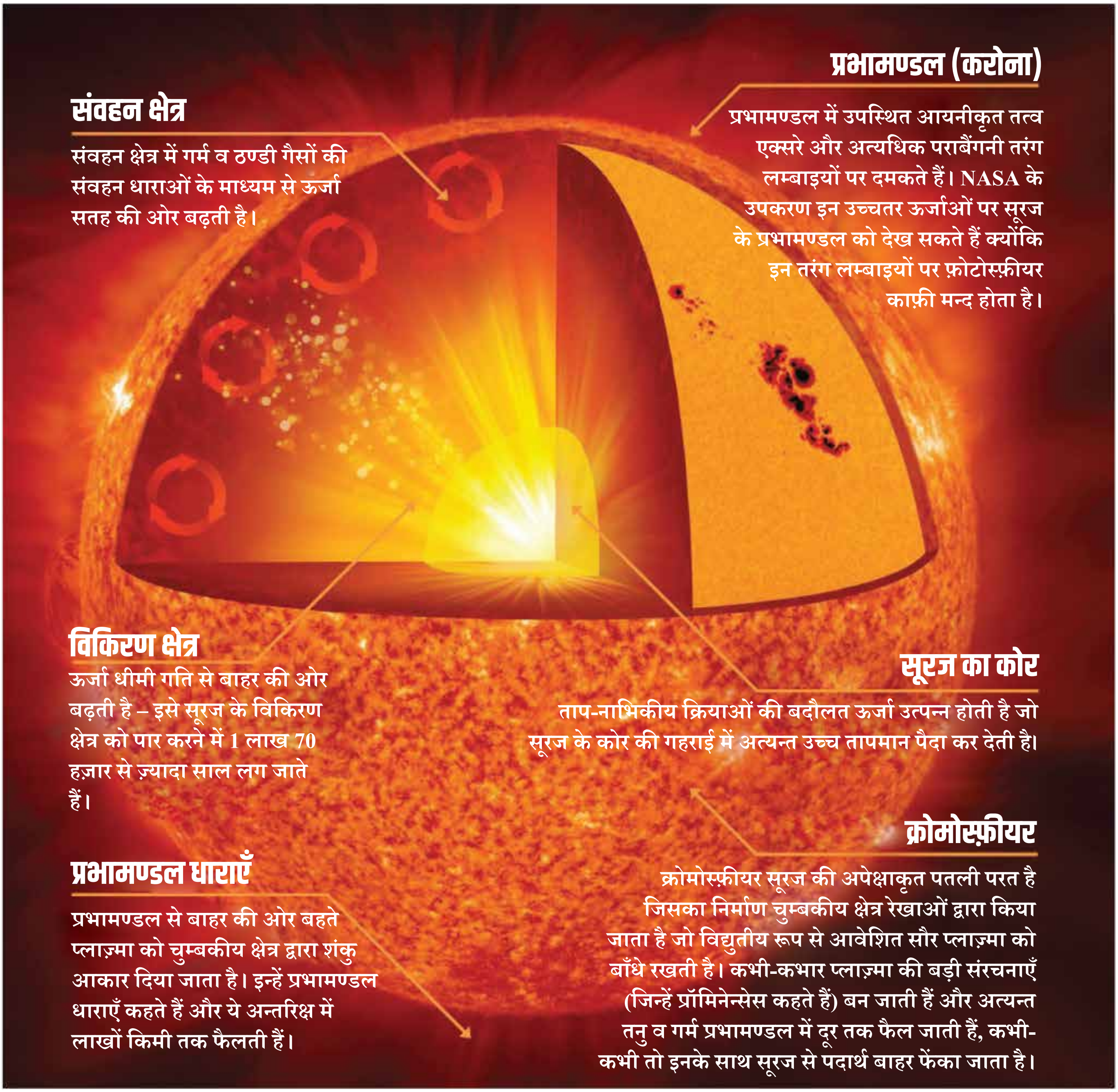
द्रव्यमानों में अन्तर (डेल्टा m) = (4 x 1.67 – 6.64) x 10^{-27} किग्रा

आइंस्टाइन के संहति-ऊर्जा तुल्यता के सिद्धान्त के मुताबिक़ द्रव्यमान में यह अन्तर ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। अर्थात

E = डेल्टा mc^2

c प्रकाश का वेग है। यदि प्रकाश के वेग का मान अधिकतम (3 x 10^8 मीटर प्रति सेकंड) लें तो इस प्रक्रिया में मुक्त ऊर्जा का मान तक़रीबन 4 x 10^{-12} जूल आता है।

इतनी ऊर्जा चार हाइड्रोजन नाभिकों के संलयन से उत्पन्न होती है। सूरज के अन्दर एक साथ ऐसी बहुत सारी क्रियाएँ होती रहती हैं और सूरज का ऊर्जा उत्पादन इन सबका योग होता है। हम यह भी अनुमान लगा सकते हैं कि हर सेकंड कितनी हाइड्रोजन संलयन क्रियाएँ होती हैं। प्रति सेकंड हाइड्रोजन संलयन की क्रियाएँ = सूरज द्वारा प्रति सेकंड मुक्त ऊर्जा/ एक संलयन क्रिया से उत्पन्न ऊर्जा = 3.8 x 10^{26} जूल/ सेकंड/ 4x10^{-12} जूल। इससे पता चलता है कि सूरज के अन्दर प्रति सेकंड क़रीब 10^{38} संलयन क्रियाएँ होती हैं। दूसरे शब्दों में सूरज के अन्दर प्रति सेकंड क़रीब 10^{38} हाइड्रोजन नाभिक हीलियम में तब्दील हो रहे हैं।



चित्र-6 : सूरज की आड़ी काट। सूरज की सतह को फ़ोटोस्फ़ीयर कहते हैं। इसके नीचे गैस की कई परतें होती हैं, जो कोर के इर्द-गिर्द लिपटी होती हैं और उसे हमारी नज़रों से ओझल रखती हैं। लेकिन कोर में घनत्व और तापमान इतने अधिक होते हैं कि संलयन क्रिया हो सके। इस क्रिया में उत्पन्न ऊर्जा धीरे-धीरे गैस की परतों को चीरती हुई फ़ोटोस्फ़ीयर तक पहुँचती है। सतह पर पहुँचने के बाद इसे फ़ोटॉन के रूप में बाहर विकिरित कर दिया जाता है।
Credits: © NASA/SOHO.

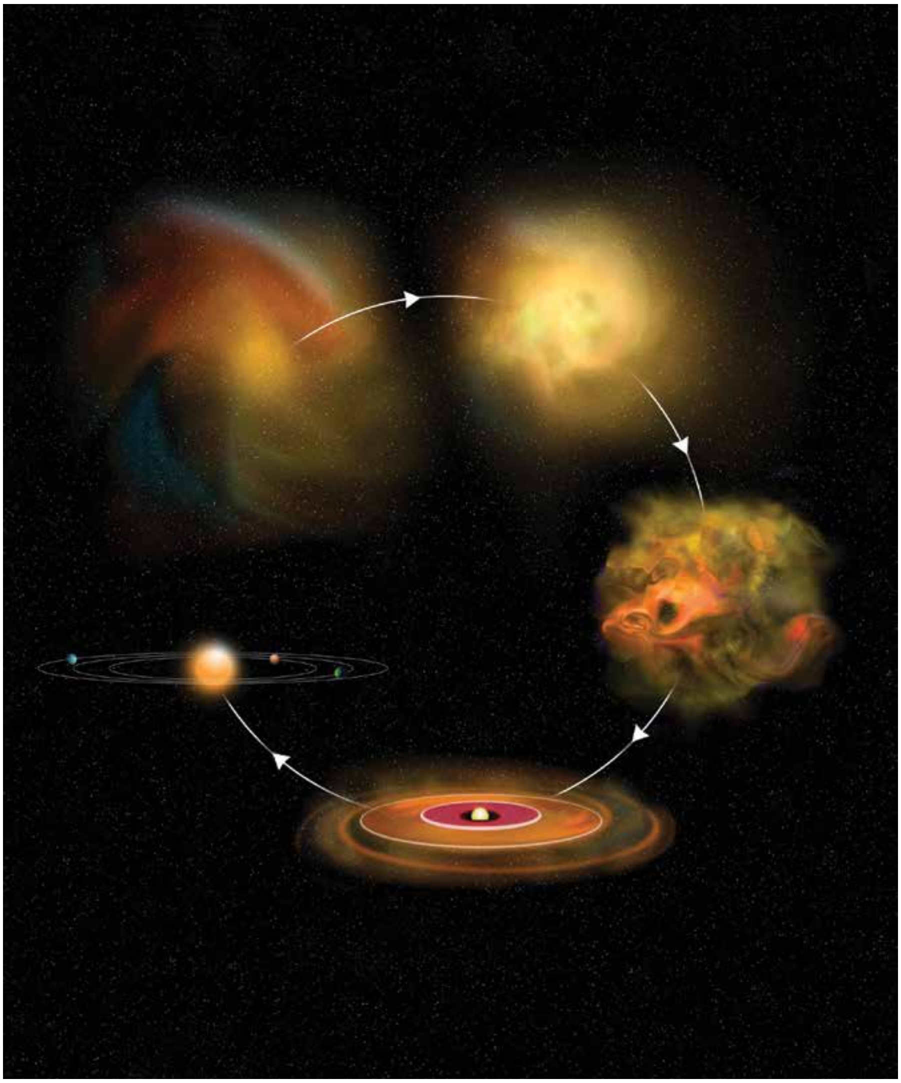
है कि नाभिकीय संलयन की क्रिया शुरू हो जाती है (**देखें चित्र-7**)।

अलबत्ता, एक मर्तबा संलयन शुरू हो जाए, तो गुरुत्व के विरुद्ध एक प्रति-दाब लगने लगता है। कोर में हाइड्रोजन परमाणुओं के संलयन के फलस्वरूप बने फ़ोटॉन बाहर फ़ोटोस्फ़ीयर की ओर गति करते हुए, गैस की परतों पर बाहर की ओर दबाव डालते हैं। भौतिकशास्त्री इसे विकिरण दाब कहते हैं। यह दाब कोर पर सर्वाधिक होता है और सूरज की बाहरी परतों में क्रमशः कम होता जाता है। जब विकिरण गैस को गर्म कर देता है तो एक और दबाव (गैसीय दबाव) बढ़ने लगता है। गैस जितनी गर्म होगी, उसका दबाव उतना ही अधिक होगा। यह गैसीय दबाव वही असर डालता है जो विकिरण दबाव डालता है – गैसों की परतों को बाहर की ओर धकेलना। तारे के अन्दर गैस की हर परत में बाहर की ओर धकेलने वाले विकिरण दबाव और गैसीय दबाव का योग और अन्दर की ओर कार्य कर रहे गुरुत्व बल के बीच सन्तुलन स्थापित हो जाता है। यह सन्तुलन तारे को एक साम्यावस्था में बनाए रखता है – न तो उसे गुरुत्व बल के कारण और सिकुड़ने देता

है और न ही विकिरण व गैसीय दाब के मिले-जुले प्रभाव से फैलने देता है। भौतिकशास्त्री इसे द्रव-स्थैतिक (हायड्रोस्टेटिक) साम्यावस्था कहते हैं। यह तारों में एक क़ुदरती सुरक्षा व्यवस्था की तरह काम करती है (**देखें चित्र-8**)। इस सन्तुलन में किसी भी गड़बड़ी के कारण नाटकीय परिवर्तन हो सकते हैं, जो कभी-कभी तारे के लिए नुक़सानदायक होते हैं।

तारे की प्रौढ़ावस्था

किसी तारे का द्रव्यमान ही उसकी आयु का निर्धारण करता है। सूरज हमारा चहेता हो सकता है लेकिन ब्रह्माण्ड के विशाल पैमाने पर सूरज एक मध्यम दर्जे का तारा है। हमारी अपनी निहारिका में ही कई तारे हैं जो सूरज से कहीं अधिक बड़े हैं और उससे ज़्यादा चमकीले हैं (**देखें चित्र-9**)। इन तारों की आयु प्रायः कम होती है। इन्हें उच्च-द्रव्यमान तारे कहते हैं। जितना अधिक द्रव्यमान होगा गुरुत्व जनित संकुचन भी उतना अधिक होगा। अन्दर की ओर इस खिंचाव का प्रतिरोध करने और द्रव-स्थैतिक सन्तुलन बनाए रखने के लिए इन उच्च-द्रव्यमान तारों को अपने कोर में हाइड्रोजन का दहन कहीं ज़्यादा रफ़्तार से करना पड़ता है। उदाहरण के लिए, अनुमानों से पता चलता है कि सूरज से तीन गुना अधिक द्रव्यमान वाले तारे के कोर में उपस्थित सारी हाइड्रोजन क़रीब आधा अरब साल में चुक जाएगी जबकि यदि तारे का द्रव्यमान सूरज से 15 गुना ज़्यादा हो, तो यही काम 1.5 करोड़ वर्षों में हो जाएगा। उल्टी तरफ़ से गणना करें, तो जिस तारे का द्रव्यमान सूरज का 10वाँ भाग



चित्र-7 : तारों के जन्म के चरण। गैस के ठण्डे, सघन बादल के अन्दर एक खण्ड अपने ही गुरुत्वाकर्षण के कारण सिकुड़ने लगता है। यह सिकुड़ना तब तक जारी रहता है जब तक कि इसके केन्द्र में एक तारे और आस-पास ग्रहों का निर्माण नहीं हो जाता। जब इस सिकुड़ते खण्ड के केन्द्रीय भाग का तापमान 1 करोड़ केल्विन के बराबर और घनत्व लगभग 160 ग्राम प्रति घन सेमी (सीसे के घनत्व से लगभग 10 गुना) हो जाता है, तब तारे का जन्म होता है।

Credits: © National Radio Astronomy Observatory/National Science Foundation.

बॉक्स-3 : सूरज की आयु

ब्रह्माण्ड के समस्त तारों के समान हमारे सूरज को भी मरना है। इसके पूरा चुक जाने से पहले हमारे पास कितना समय है?

सौभाग्यवश, इस समयावधि की गणना एकदम सरल है। इस गणना के लिए हमें तीन बातें पता होनी चाहिए :

1. सूरज प्रति सेकंड कितनी ऊर्जा छोड़ता है?
2. सूरज के कोर में संलयन के लिए कितनी हाइड्रोजन उपलब्ध है?
3. हाइड्रोजन संलयन कितनी कुशलता से द्रव्यमान को ऊर्जा में परिवर्तित करता है?

सूरज का कुल द्रव्यमान 2×10^{30} किग्रा है। इसका क़रीब 10 प्रतिशत यानी 2×10^{29} किग्रा कोर में है जहाँ संलयन क्रिया होती है।

हाइड्रोजन से हीलियम संलयन की क्रिया 0.7 प्रतिशत की कुशलता से सम्पन्न होती है। दूसरे शब्दों में, सूरज के कोर के कुल द्रव्यमान का मात्र 0.7 प्रतिशत ही ऊर्जा में परिवर्तित होता है। इन दो बातों के आधार पर हम यह गणना कर सकते हैं कि अपने पूरे जीवनकाल में सूरज कितनी ऊर्जा विकिरित करेगा। यह $2 \times 10^{29} \times c^2$ जूल्स आती है (आइंस्टाइन के तुल्यता सिद्धान्त $E = mc^2$ के आधार पर)।

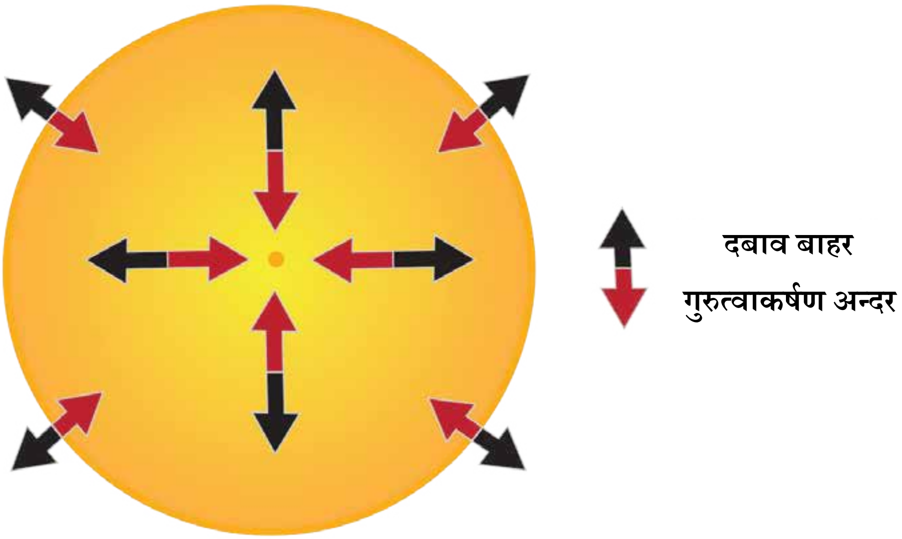
इसके आधार पर हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि सूरज से प्रति सेकंड 3.8×10^{26} जूल ऊर्जा निकलती है (इसे दीप्ति या luminosity भी कहते हैं)।

इस दीप्ति पर सूरज $1.3 \times 10^{44} / 3.8 \times 10^{26} = 3 \times 10^{17}$ सेकंड तक चमकता रह सकता है। यह लगभग 10 अरब साल के बराबर है। फ़िलहाल सूरज लगभग 5 अरब वर्ष पुराना है। अर्थात वह अपनी आधी उम्र गुज़ार चुका है। सारा हाइड्रोजन ईंधन चुकने से पहले उसके पास 5 अरब वर्ष और हैं।

है, उसके कोर की हाइड्रोजन हज़ारों अरब साल तक चलेगी।

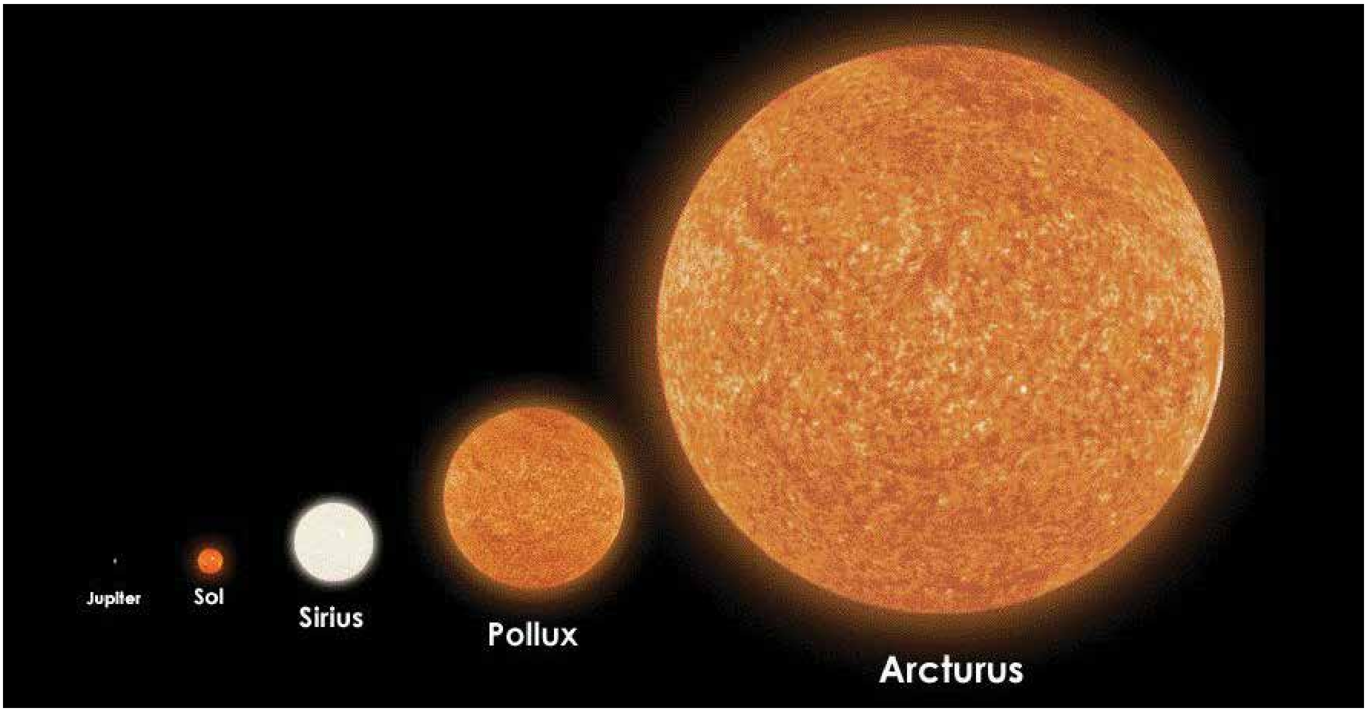
(क) कम द्रव्यमान वाले तारों की लम्बी उम्र

खगोलशास्त्री सूरज और सूरज से आठ गुना अधिक द्रव्यमान तक के तारों को अल्प-द्रव्यमान तारे के रूप में वर्गीकृत करते हैं। ऐसे तारों के जीवन की प्रमुख घटनाएँ कमोबेश एक-सी होती हैं। किसी भी तारे के जीवन का सबसे बड़ा हिस्सा तो वह होता है जब हाइड्रोजन से हीलियम बनती है। सूरज जैसे किसी तारे के लिए यह अवस्था लगभग 10 अरब साल चलती है। जब कोर में पूरी हाइड्रोजन ख़त्म हो जाती है तो संलयन रुक जाता है। गुरुत्व दाब का प्रतिरोध करने के लिए विकिरण दाब या गैसीय दाब की अनुपस्थिति में तारे का कोर सिकुड़ने लगता है। गुरुत्वाकर्षण की वजह से कोर के संकुचन के चलते उसके घनत्व



चित्र-8 : द्रव-स्थैतिक साम्यावस्था तारों के अन्दर दो प्रतिस्पर्धी दबावों को सन्तुलित करती है। किसी भी तारे में प्रत्येक परत अपने से नीचे वाली परत पर बोझ डालती है। गुरुत्व की वजह से उत्पन्न यह दबाव सतह पर सबसे कम होता है लेकिन क्रमशः अन्दरूनी परतों में बढ़ता जाता है। अर्थात गुरुत्व-जनित दबाव कोर पर सबसे अधिक होता है क्योंकि वह अपने ऊपर स्थित गैस की सारी परतों का दबाव झेलता है। तारे के अन्दर की हर परत पर अन्दर की ओर काम करने वाले गुरुत्व दबाव को संयुक्त रूप से उसके गैसीय दाब और विकिरण दाब द्वारा सन्तुलित किया जाता है, जो बाहर की ओर बल लगाते हैं।

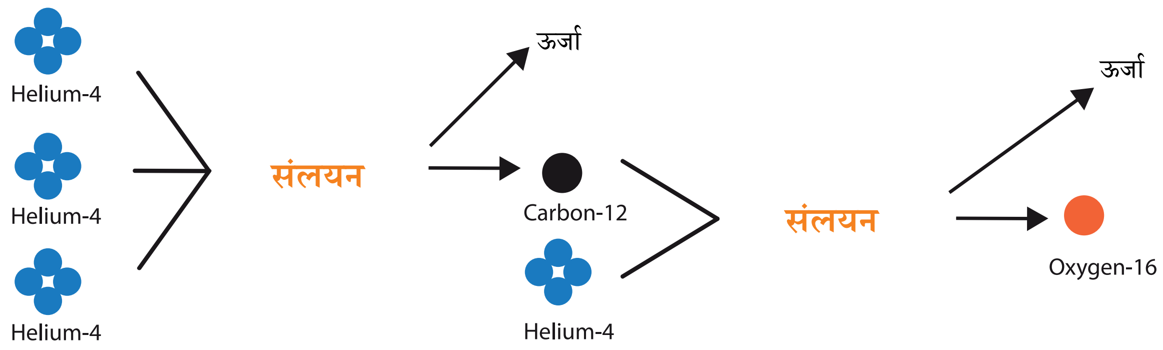
Credits: Adapted from Pearson Prentice Hall Inc.



चित्र-9 : तारों के द्रव्यमान और आकार का परास। हमारा सूरज एक साधारण तारा है जिसका द्रव्यमान, आकार, तापमान और दीप्ति आकाशगंगा के कई अन्य तारों के मुक़ाबले कम हैं। इस चित्र में उदाहरण दिए गए हैं कि तारे कितने बड़े हो सकते हैं। सिरियस का द्रव्यमान सूरज से दोगुना है और उसका ऊर्जा उत्पादन (दीप्ति) सूरज से क़रीब 25 गुना अधिक है। पोलक्स नामक तारा द्रव्यमान में सूरज से दोगुना है लेकिन उसका आकार सूरज से 8 गुना अधिक है और इस वजह से उसकी दीप्ति सिरियस से कहीं अधिक है। तारा आर्कट्यूरस द्रव्यमान में लगभग सूरज के बराबर है किन्तु आकार में 25 गुना बड़ा है। वह सूरज से कहीं अधिक पुराना भी है और इसलिए इस वक्त वह अपने जीवन के बाद की अवस्था में है। खगोलशास्त्र की भाषा में आर्कट्यूरस लाल दानव बन चुका है (एक ऐसा तारा जो फूलकर खूब बड़ा हो जाए)। अपने विशाल आकार के चलते आर्कट्यूरस बहुत चमकीला भी है; सूरज से डेढ़ सौ गुना चमकीला।

Credits: Star Sizes, Cooler-online.com. URL: http://www.pinsdaddy.com/star-sizes_CWubpRaKjLl8jZ9RU KRYKAlm7oW9NdakNAkwufGVgCI/ UAtyWSB1krTCq0i3t25eamGjJYaLWU9V7v8wokEFznYLVfchQhlopCq RQRAm93V3I5aZupQEHnwqzINTSP*rxQ/. License: CC-BY.

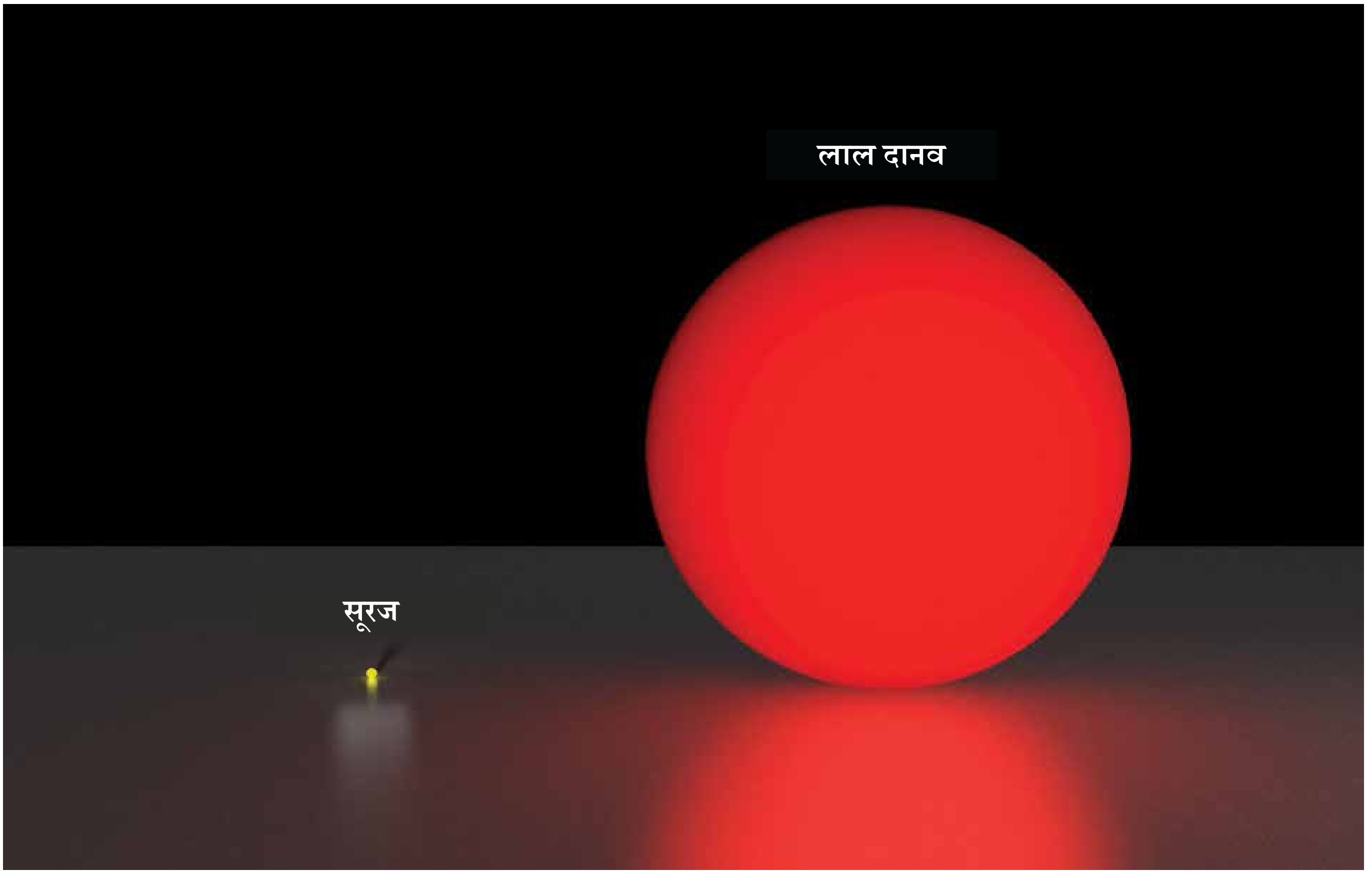
ऊर्जा



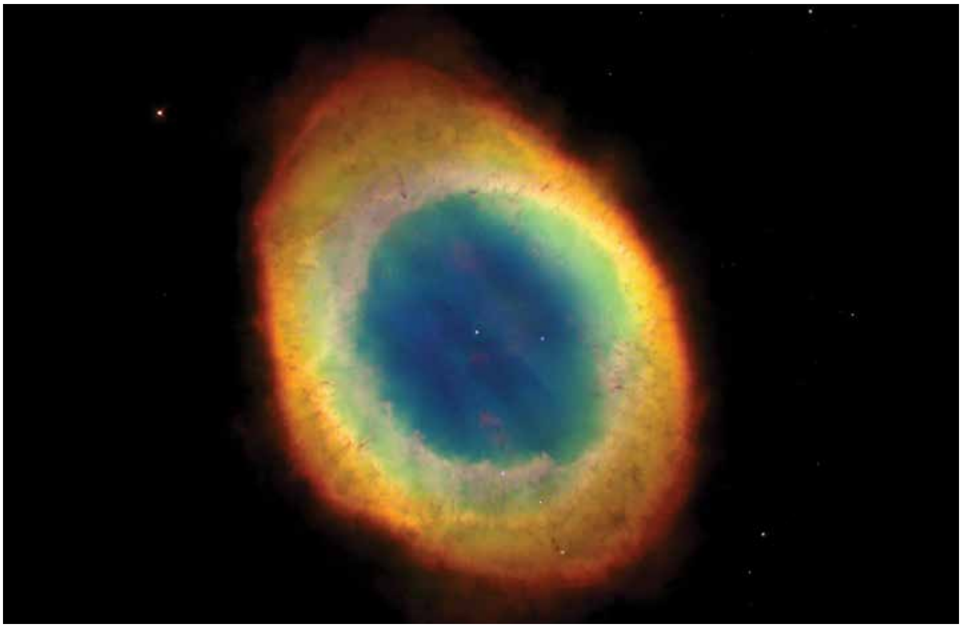
चित्र-10 : हीलियम नाभिकों के संलयन से कार्बन व ऑक्सीजन नाभिकों का निर्माण। इन क्रियाओं के फलस्वरूप ऊर्जा मुक्त होती है, जिसमें से कुछ का उपयोग तो तारे की गैस को गर्म करने में हो जाता है जबकि शेष बाहरी अन्तरिक्ष में पहुँच जाती है।

और तापमान बढ़ने लगते हैं (जैसे किसी बन्द बर्तन में तरल को दबाने पर होता है)। यह संकुचन काफ़ी समय तक चलता रहता है और एक स्थिति ऐसी आती है जब कोर का घनत्व और तापमान इतने बढ़ जाते हैं कि हीलियम का संलयन शुरू हो जाता है।

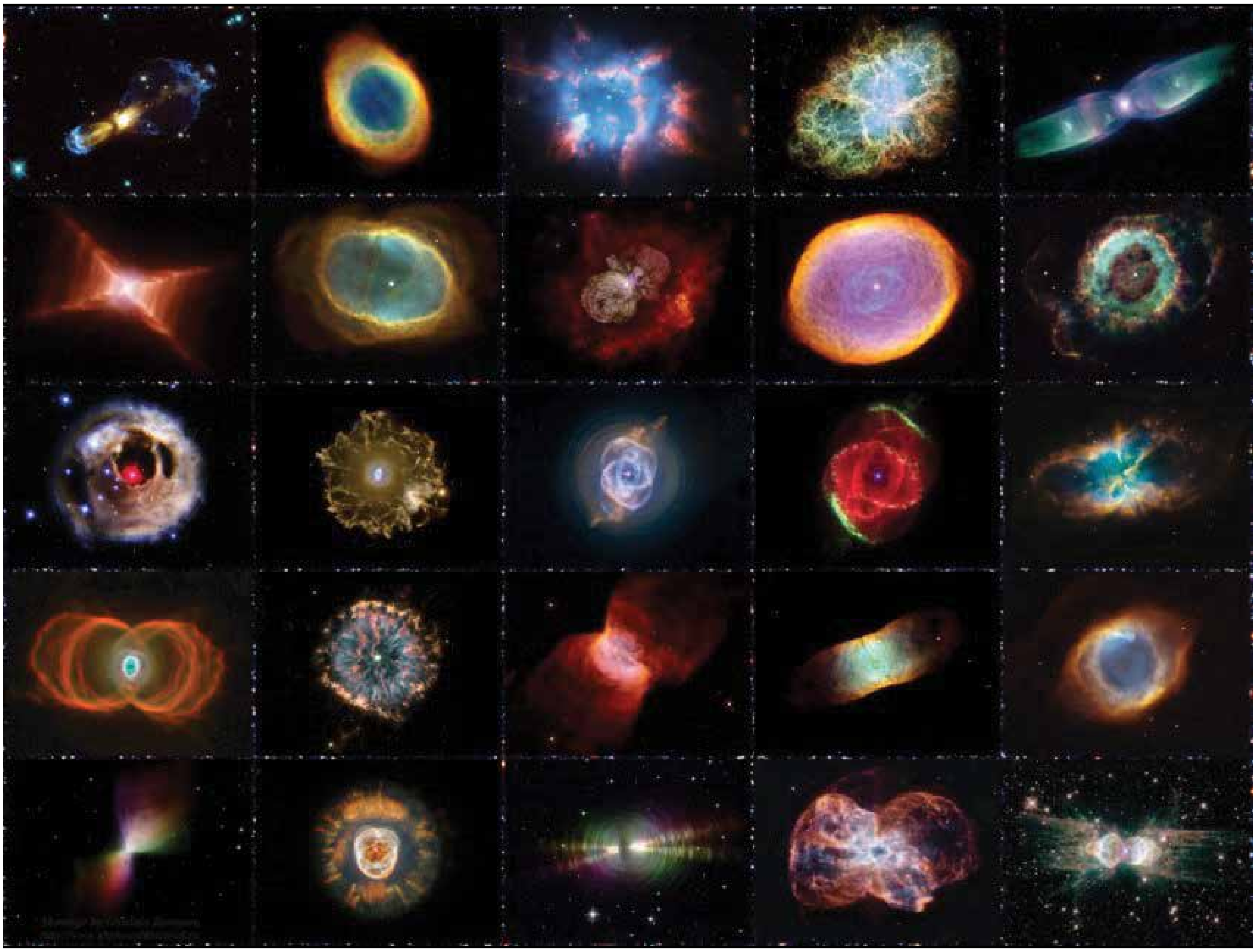
लिहाज़ा, इस अवस्था में तारे के अन्दर दो तरह की संलयन क्रियाएँ चल रही होती हैं। इनमें से एक कोर के अन्दर चलती है जिसमें हीलियम परमाणुओं का संलयन होकर कार्बन और ऑक्सीजन के परमाणु बनते हैं (**देखें चित्र-10**)। दूसरी होती है कोर के आस-पास के कवच में हाइड्रोजन से हीलियम का निर्माण। इन दोनों संलयन क्रियाओं से उत्पन्न ऊर्जा गुरुत्वाकर्षण द्वारा अन्दर की ओर लग रहे दबाव का प्रतिरोध करती है। इस तरह से एक बार फिर साम्यावस्था स्थापित हो जाती है।



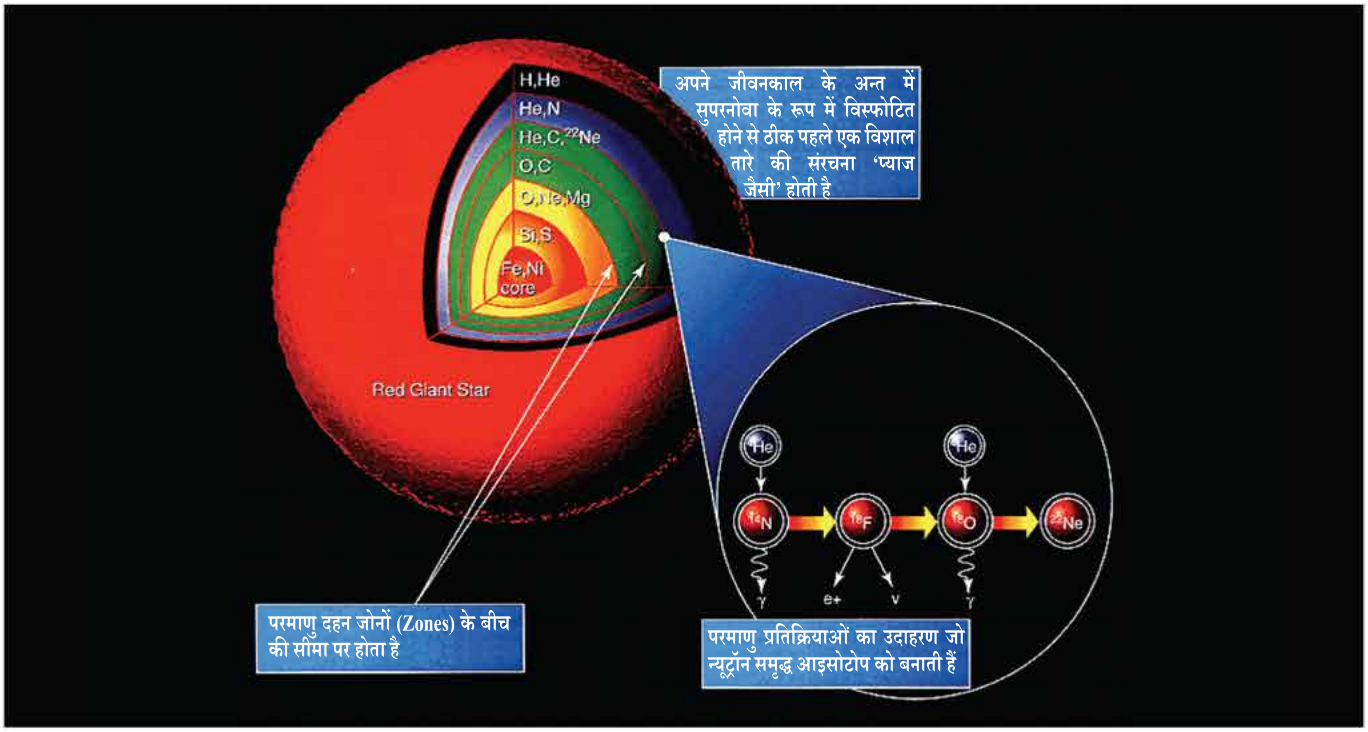
चित्र-11 : वर्तमान सूरज और लाल दानव के रूप में उसके भविष्य की तुलना। उम्र बढ़ने के साथ, सूरज फूलकर बड़ा होगा और अन्दरूनी सौर मण्डल में फैल जाएगा। वह बुध को तो निगल लेगा और शुक्र की कक्षा तक पहुँच जाएगा। पृथ्वी बहुत गर्म हो जाएगी, समुद्र वाष्पित हो जाएँगे और गर्म वायुमण्डल धरती के गुरुत्वाकर्षण से बाहर अन्तरिक्ष में पलायन कर जाएगा। यह सब लाल दानव सूरज की वजह से होगा।
Credits: Oona Räisänen (User:Mysid), User: Mrsanitazier., Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sun_red_giant.svg. License: CC-BY.



चित्र-12 : एक मशहूर ग्रहीय बादल दी रिंग नेबुला आज एक अल्प-द्रव्यमान का तारा है जो कभी सूरज के समान दमकता था। लाल, नारंगी और नीली आभा उस बिखरी हुई गैस की है जो कभी उस तारे का हिस्सा थी। अपने जीवन के अन्तिम दौर में तारा धीरे-धीरे अपना बाहरी आवरण फेंक देता है और उसका कोर उजागर हो जाता है। उजागर कोर एक श्वेत वामन होता है जहाँ पहले नाभिकीय क्रियाएँ सम्पन्न हुआ करती थीं। यह कार्बन और ऑक्सीजन नाभिकों से बना होता है। छोटे आकार के बावजूद श्वेत वामन तेज़ चमकता है क्योंकि उसका तापमान 10 करोड़ केल्विन होता है। जब श्वेत वामन अपनी ऊर्जा को धीरे-धीरे फ़ोटॉन के रूप में विकिरित कर देता है तो वह ठण्डा हो जाता है।
Credits: The Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M57_The_Ring_Nebula.JPG. License: CC-BY.

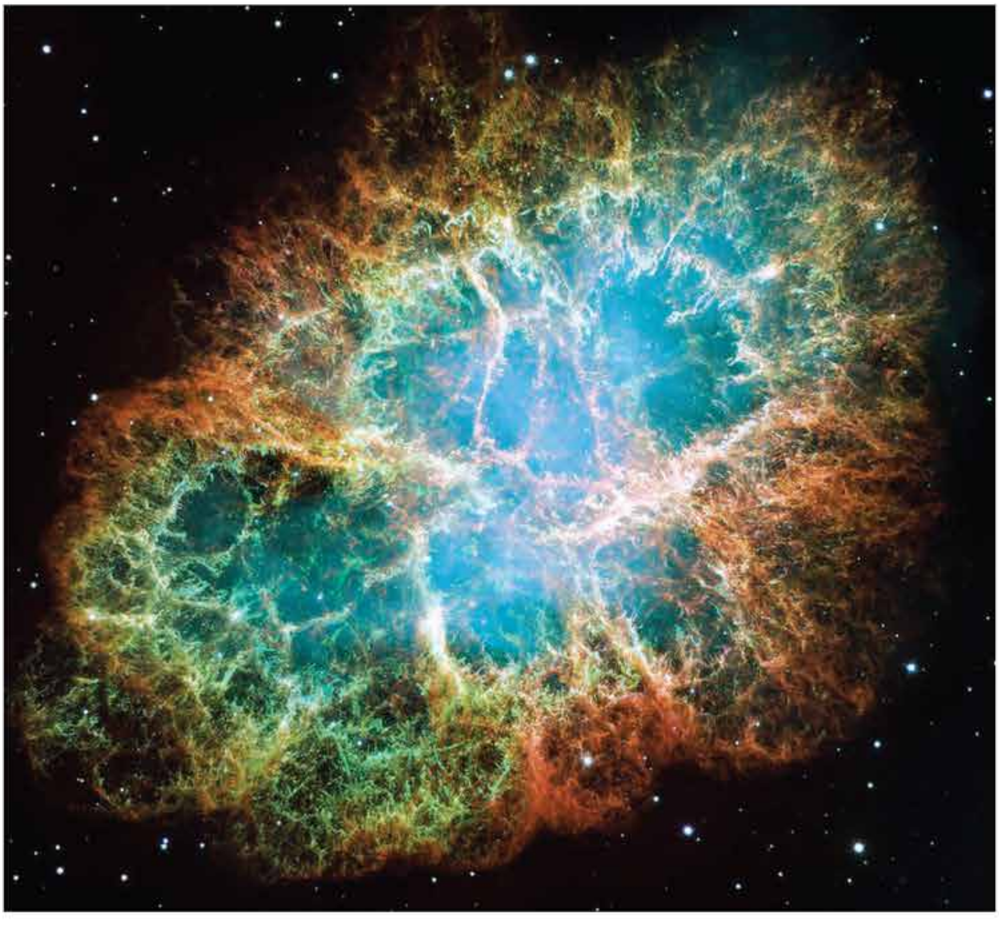


चित्र-13 : आकाशगंगा में ग्रहीय बादलों की दीर्घा (विथिका)। इस विथिका की हर तस्वीर सूरज जैसे अल्प-द्रव्यमान तारे की मृत्यु को दर्शाती है। वलयनुमा रचना वह गैस है जो कभी तारे का हिस्सा थी और अब एक धीमे फव्वारे के रूप में बाहर धकेली जा रही है। प्रत्येक ग्रहीय बादल के केन्द्र में श्वेत वामन है।
Credits: © NASA/ESA Hubble Space Telescope.



चित्र-14 : उच्च-द्रव्यमान तारे में नाभिकीय क्रिया। हाइड्रोजन संलयन के शुरुआती दौर के बाद तारे के जीवन की अलग-अलग अवस्थाओं में तारे के कोर और कोर से सटी परतों में अलग-अलग नाभिकीय क्रियाएँ होती हैं। परिणामस्वरूप विभिन्न तत्वों का संश्लेषण होता है और यह प्रक्रिया कोर में लौह के नाभिक बनना शुरू होने तक चलती रहती है।

Credits: Uber nemo, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nucleosynthesis_in_a_star.gif. License: CC-BY.



चित्र-15 : हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) में सुपरनोवा विस्फोट के अवशेष। खगोलशास्त्रियों का अनुमान है कि यह तारा 1054 ईस्वी के आस-पास विस्फोटित हुआ होगा। दमकती गैसीय संरचना कभी तारे का हिस्सा थी। विस्फोट के कारण बाहर फैलती गैस में कई भारी तत्व हैं जिनका संश्लेषण तारे में हुआ था। इस सुपरनोवा के केन्द्र में एक न्यूट्रॉन तारा है, जो इस तस्वीर में नज़र नहीं आ रहा है।

Credits: NASA, ESA, J. Hester and A. Loll (Arizona State University), Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Crab_Nebula.jpg. License: CC-BY.

बॉक्स-4 : अनुत्तरित सवाल

तारों का जीवन-वृत्त खगोलशास्त्रियों का प्रिय विषय है। लगभग एक सदी के अथक अनुसन्धान ने तारों के गुप्त जीवन के बारे में कई दिलचस्प तथ्य उजागर किए हैं। अलबत्ता, कई सवाल आज भी अनुत्तरित हैं। उदाहरण के लिए, खगोलशास्त्र में एक बड़ा अज्ञात यह है कि ब्रह्माण्ड में बनी पहली-पहली वस्तुओं की प्रकृति क्या रही होगी। आम सहमति यही लगती है कि ये तारे ही थे, लेकिन वैसे नहीं जैसे वर्तमान में हम अपनी निहारिका में देखते हैं। पहले-पहले तारे, जो अरबों वर्ष पहले बने थे, वे सूरज से 100 गुना या उससे भी अधिक भारी थे। इनका जीवन संक्षिप्त (चन्द लाख साल) होता था लेकिन अत्यन्त घटना-प्रधान होता था। खगोलशास्त्री आज भी यह समझने का प्रयास कर रहे हैं कि ये पहले-पहले तारे कैसे बने होंगे और जब वे सुपरनोवा हुए होंगे तब उन्होंने अपने आस-पास के परिवेश को कैसे प्रभावित किया होगा।

सक्रिय खोजबीन के एक अन्य क्षेत्र का सम्बन्ध तारों के मलबों (अवशेषों) – श्वेत वामन और न्यूट्रॉन तारे से है। ये दोनों ही ब्रह्माण्ड के सबसे सघन पिण्डों में से हैं। धरती पर कोई प्रयोगशाला नहीं है जहाँ इतने सघन पदार्थ का निर्माण किया जा सके। इन विचित्र वस्तुओं के बारे में हमारी समझ पूर्णता से कोसों दूर है। सुपर-कम्प्यूटरों की मदद से खगोलशास्त्री आभासी तारों का निर्माण कर रहे हैं और फ़ास्ट फ़ॉरवर्ड गति से यह देखने की कोशिश कर रहे हैं उनका विकास कैसे होता है और यह समझने का प्रयास कर रहे हैं कि अवलोकन किस मॉडल के साथ सबसे अधिक मेल खाते हैं।

अन्दर चल रहे इन परिवर्तनों की वजह से तारे के बाह्य रूप में भी काफ़ी परिवर्तन होता है। तारा बहुत अधिक फूल जाता है, अपने आकार से 100 से 1000 गुना बड़ा हो जाता है। ऐसे फूले हुए तारों को खगोलशास्त्री लाल दानव (रेड जायंट) कहते हैं (**देखें चित्र-11**)। अनुमान है कि हमारा सूरज क़रीब 5 अरब वर्ष बाद ऐसे ही परिवर्तनों से गुज़रेगा।

हाइड्रोजन संलयन से हीलियम निर्माण की तुलना में हीलियम के संलयन से कार्बन और ऑक्सीजन के निर्माण की प्रक्रिया ज़्यादा लम्बे समय तक नहीं चलती। सूरज जैसा कोई तारा हीलियम को जलाने का काम अधिक-से-अधिक 1 अरब वर्षों तक निभा पाएगा। अर्थात सूरज जैसे अल्प-द्रव्यमान वाले तारों में कार्बन और ऑक्सीजन का निर्माण उनके जीवन के आख़िरी चरण का द्योतक होता है (**देखें बॉक्स-3**)।

जब कोर में चल रही संलयन क्रिया थम जाती है, तो ऐसे तारे अपनी धीमी मगर दर्शनीय मृत्यु की तैयारी करने लगते हैं। जब ऐसा तारा अपनी अन्तिम अवस्था में पहुँचता है, तो उसके अन्दर ऊर्जा का उत्पादन काफ़ी ऊबड़-खाबड़ ढंग से होता है जिसके चलते तारा तेज़ी से धक-धक करने लगता है (उसका आकार घटता-बढ़ता है और चमक कम-ज़्यादा होती रहती है)। ऐसी धक-धक की वजह से तारा गैसों की अपनी परतें गँवाने लगता है। बाहर की जो परतें उड़ती हैं वे आस-पास के अन्तरिक्ष में बिखर जाती हैं। इसके चलते धीरे-धीरे तारे का कार्बन और ऑक्सीजन से बना कोर बाहर की दुनिया के सम्पर्क में आ जाता है। इन मरणासन्न तारों को खगोलशास्त्री ग्रहीय बादल (प्लेनेटरी नेबुला) कहते हैं और ये काफ़ी हैरतअंगेज़ लगते हैं (**देखें चित्र-12**)। तारे का चमकदार खुला कोर श्वेत वामन (व्हाइट ड्वार्फ) कहलाता है। हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) में दस हज़ार ग्रहीय बादल मौजूद हैं। ऐसा माना जाता है कि आकाशगंगा में उपस्थित हीलियम, कार्बन और ऑक्सीजन का थोड़ा हिस्सा ग्रहीय बादलों की पिछली पीढ़ी और उससे पहले उपस्थित तारकीय हवाओं से आया है। तो, हरेक अल्प-द्रव्यमान तारे की मृत्यु आस-पास के अन्तरतारकीय माध्यम में ये भारी तत्व पहुँचाती है (**देखें चित्र-13**)। फिर भी, अल्प-द्रव्यमान तारों की मृत्यु से भारी तत्वों में योगदान काफ़ी कम होता है। रासायनिक तत्वों का असली स्रोत तो उच्च-द्रव्यमान वाले तारों की मृत्यु है।

(ख) उच्च-द्रव्यमान तारों का संक्षिप्त असाधारण जीवन

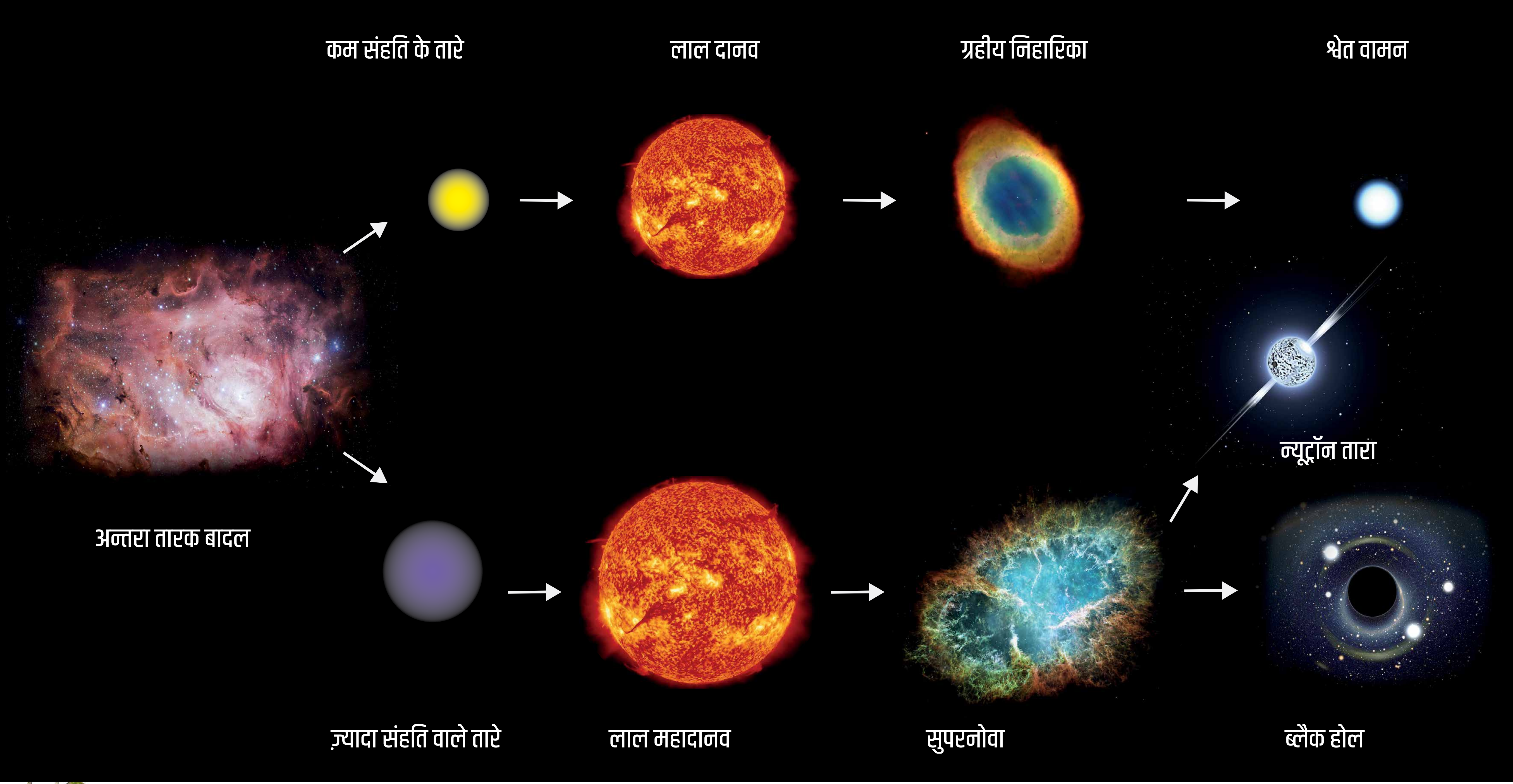
उच्च-द्रव्यमान वाले तारों की आयु अपेक्षाकृत कम होती है। किन्तु अन्तरतारकीय माध्यम को भारी तत्वों से समृद्ध करने में वे कहीं ज़्यादा महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। लगभग अल्प-द्रव्यमान तारों के ही समान उच्च-द्रव्यमान तारों के कोर में भी शुरुआत हाइड्रोजन को हीलियम में तब्दील करके ही होती है और फिर हीलियम को कार्बन तथा ऑक्सीजन में तब्दील करने की ओर बढ़ती है। अलबत्ता, उच्च-द्रव्यमान तारों में गुरुत्व-जनित दाब को सन्तुलित करने के लिए ये क्रियाएँ काफ़ी तेज़ रफ़्तार से होती हैं। लिहाज़ा, उच्च-द्रव्यमान वाले तारे सूरज जैसे तारों की तुलना में जल्दी फूलकर सुपर लाल दानव बन जाते हैं (जो लाल दानवों से कहीं अधिक बड़े होते हैं)। इसके अलावा, उच्च-द्रव्यमान तारों में संलयन का सफ़र कार्बन और ऑक्सीजन के संश्लेषण के साथ समाप्त नहीं होता। संलयन की क्रिया इस अवस्था के बाद भी चलती रहती है और इसके फलस्वरूप नियॉन, मैग्नीशियम, सिलिकॉन, गन्धक वग़ैरह बनते हैं। दरअसल, नाभिकीय संलयन के हर चरण पर एक नए तत्व का संश्लेषण होता है। और ये क्रियाएँ सिर्फ़ तारे के कोर में नहीं बल्कि उसके आस-पास की विभिन्न गैस परतों में होती हैं। तारों के विकास की यह एक ऐसी अवस्था है जहाँ तक अल्प-द्रव्यमान तारे कभी नहीं पहुँचते।

नाभिकीय संलयन की यह क्रमिक प्रक्रिया तब तक जारी रहती है जब तक कि तारे के कोर में लौह के कुछ नाभिक नहीं बन जाते। चूँकि लौह के नाभिक बहुत टिकाऊ होते हैं, वे आगे संलयित होकर ऊर्जा मुक्त करने में असमर्थ होते हैं। लिहाज़ा, कोर के पूरी तरह लौह में परिवर्तित होने के साथ ही तारा अपने जीवन के अन्तिम दौर में पहुँच जाता है (**देखें चित्र-14**)। किन्तु मरने से तुरन्त पहले यह तारा हमें एक अन्तिम अप्रतिम नज़ारे का तोहफ़ा देता है। तारे का कोर तेज़ी से संकुचित होता है जिसकी वजह से आघात तरंगें (शॉक वेव्स) चारों ओर फैलती हैं जिनकी वजह से एक उग्र विस्फोट में तारे के परखच्चे उड़ जाते हैं। ऐसे विस्फोट को सुपरनोवा कहते हैं (यह लैटिन शब्द नोवा से बना है जिसका अर्थ होता है नवीन)। जब ऐसा विस्फोट किसी

तारों का विकास

आनन्द नारायण

तारे की संहति उसकी उम्र का निर्धारण करती है। कम संहति वाले तारे लम्बे समय तक जीवित रहते हैं। उनका जीवन एक बेदम धीमे विस्फोट के साथ समाप्त होता है जिसे प्लेनेटरी नेबुला कहते हैं। इसके बाद जो कुछ शेष रहता है वह श्वेत वामन होता है। ज़्यादा संहति वाले तारे अपेक्षाकृत कम उम्र पाते हैं और उनके जीवन का अन्त ज़ोरदार सुपरनोवा विस्फोट के साथ समाप्त होता है। ये अपने पीछे या तो एक न्यूट्रॉन तारा छोड़ जाते हैं या ब्लैक होल।



Poster Design: Vidya Kamalesh

आनन्द नारायण भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान और टेक्नॉलॉजी संस्थान में खगोल भौतिकी पढ़ाते हैं। इनके शोध का विषय आकाशगंगाओं से बाहर बेरियोनिक पदार्थ के वितरण से सम्बन्धित है। वे नियमित रूप से खगोलविज्ञान से सम्बन्धित शैक्षणिक और प्रसार गतिविधियों में अपना योगदान देते रहते हैं। समय-समय पर वे दक्षिण भारत के सांस्कृतिक इतिहास की खोज में यात्रा करना भी पसन्द करते हैं।

अनुवाद : किशोर पंवार **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

Image Credits - Black Hole: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/BH_LMC.png, Interstellar Cloud: https://en.wikipedia.org/wiki/Lagoon_Nebula#/media/File:VST_images_the_Lagoon_Nebula.jpg For detailed credits, please refer accompanying article: Evolution of Stars, iwonder, Issue 4, 2017.

निहारिका के अन्दर होता है तो उसके सामने निहारिका के सारे तारों की चमक फीकी पड़ जाती है। रात के आकाश को निहारते किसी प्रेक्षक के लिए ये सुपरनोवा आकाश में यकायक किसी चमकदार वस्तु की तरह प्रकट होते हैं। ये घटनाएँ इतनी असाधारण रूप से दर्शनीय होती हैं कि जिस निहारिका में यह विस्फोट होता है, वह इतनी दूर है कि हमें दिखाई नहीं देती, लेकिन यह विस्फोट दिखाई देता है।

इस विस्फोट में तारे का अन्दरूनी कोर (जिसका घनत्व बहुत अधिक होता है) ही साबुत बचता है (**देखें चित्र-15**)। यह कोर या तो न्यूट्रॉन तारे में बदल जाता है (जो सिर्फ़ न्यूट्रॉनों से बना होता है) या ब्लैक होल में (जो इतना सघन होता है कि इसमें कुछ भी, यहाँ तक कि प्रकाश भी, पलायन नहीं कर सकता)। खगोलशास्त्री न्यूट्रॉन तारों और ब्लैक होल्स, दोनों का अध्ययन काफ़ी चाव से करते हैं। विस्फोट के परिणामस्वरूप तारे का शेष पदार्थ अन्तरिक्ष में बिखर जाता है। सुपरनोवा की चमक बहुत देर तक नहीं रहती। इसका प्रकाश कई सप्ताह की अवधि में धीरे-धीरे क्षीण पड़ जाता है।

कई सुपरनोवा के प्रकाश के धुँधलाने के अवलोकनों ने दर्शाया है कि वह मुक्त न्यूट्रॉन को पकड़ लेता है और उनका उपयोग लौह से भारी कई तत्वों के संश्लेषण में करता है। अर्थात सैकड़ों लाखों सालों की अवधि में कोई उच्च-द्रव्यमान वाला तारा अपनी हाइड्रोजन को भारी तत्वों में बदल देता है। ये सब आस-पास के अन्तरतारकीय गैसीय बादल के हिस्से बन जाते हैं। इन बादलों में से ही तारों और ग्रहों की नई पीढ़ियों का निर्माण होता है।

एक मोटा अनुमान है कि आकाशगंगा में लगभग 10 करोड़ न्यूट्रॉन तारे और लगभग इतने ही ब्लैक होल्स हैं। इससे हमें संकेत मिलता है कि अतीत में सुपरनोवा की कितनी घटनाएँ हुई होंगी। खगोलशास्त्रियों का अनुमान है कि आकाशगंगा जैसी किसी निहारिका में हर सदी में कम-से-कम एक सुपरनोवा विस्फोट होता है। यह काफ़ी दुर्लभ घटना लगती है, तो ज़रा सोचिए कि आकाशगंगा और अन्य निहारिकाएँ कितने समय से अस्तित्व में रही होंगी।

ब्रह्माण्ड हमारे अन्दर ही है

तारों के विकास की कहानी का सम्बन्ध जितना तारों से है, उतना ही हमसे भी है (**देखें बॉक्स-4**)। एक मिनट के लिए कल्पना कीजिए कि यदि तारे न होते या होते भी तो यदि मृत्यु उनकी नियति न होती? क्या होता यदि वे अपनी ऊर्जा संलयन के अलावा किसी अन्य विधि से उत्पन्न करते? ऐसा होता तो प्रकृति में हाइड्रोजन से भारी कोई तत्व न बनता, शायद थोड़ी हीलियम बन जाती। पृथ्वी जैसे ग्रह, जो अधिकांशतः भारी तत्वों से बने हैं, वे कभी न बनते। जिस रूप में हम जीवन को जानते हैं, वह कभी साकार न होता। इस तरह से तारों का विकास हमारे लिए महत्त्वपूर्ण है। हमारे शरीर के हर परमाणु की उत्पत्ति किसी तारे में हुई है जो 5 अरब वर्ष से भी पहले जिया और मर गया। कल्पना की लगाम को थोड़ी ढील दें, तो हम यह भी कह सकते हैं कि हमारे शरीर के परमाणु किसी एक तारे से नहीं बल्कि कई अलग-अलग तारों से आए हैं, जो शायद हमारे सौर मण्डल के अस्तित्व में आने से बहुत पहले सुपरनोवा हो चुके थे। थोड़ा काव्य का सहारा लें तो कह सकते हैं कि हम सब तारों की धूल हैं।

अगली बार किसी साफ़ रात्रि में आप अनगिनत तारों से जड़े आसमान के चन्दवे के तले खड़े हों, तो याद रखिएगा कि जो तारे हमसे विशाल दूरियों पर हैं, वे हमारे अन्दर भी हैं।

आनन्द नारायणन इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ स्पेस साइंस एंड टेक्नॉलॉजी में खगोल भौतिकी पढ़ाते हैं। उनके अनुसन्धान का विषय यह समझना है कि निहारिकाओं के बाहर बैरियोनिक पदार्थ कितने वृहद पैमाने पर वितरित है। आनन्द नियमित रूप से खगोलशास्त्र सम्बन्धी शैक्षिक व सार्वजनिक गतिविधियों में भाग लेते हैं। वे प्रायः दक्षिण भारत के इतिहास की खोजबीन के लिए यात्राएँ करते हैं।

अनुवाद : कान्हाराम **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय