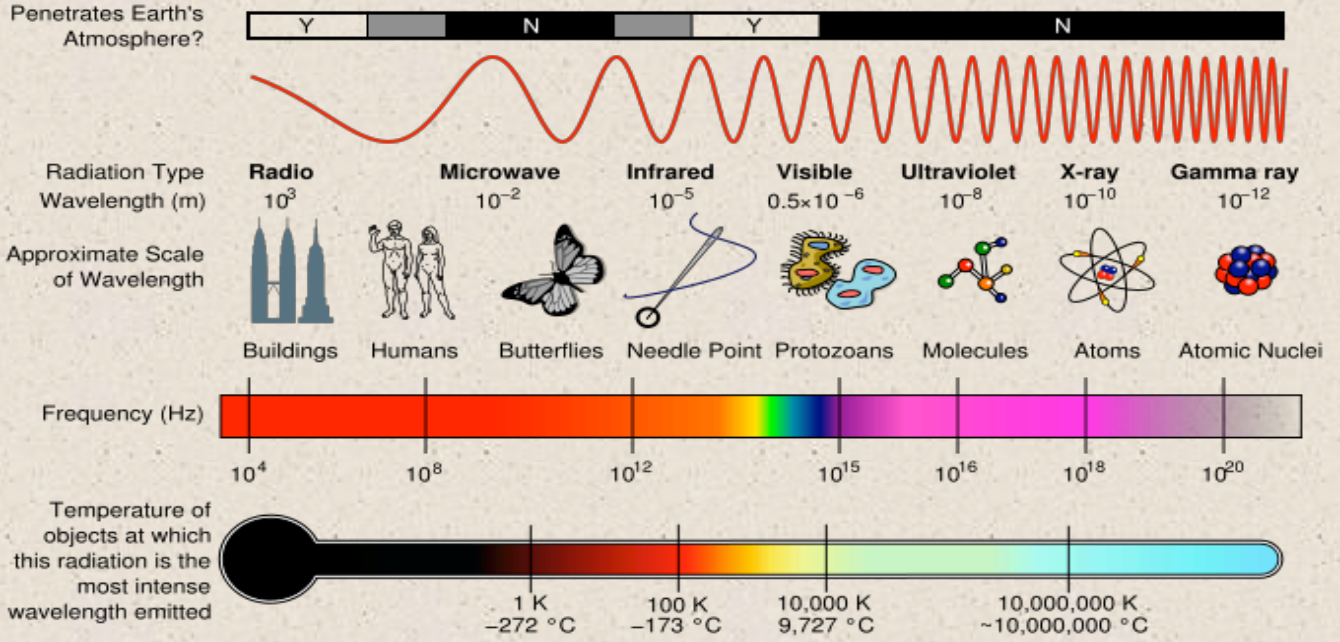


रंग माझा वेगळा

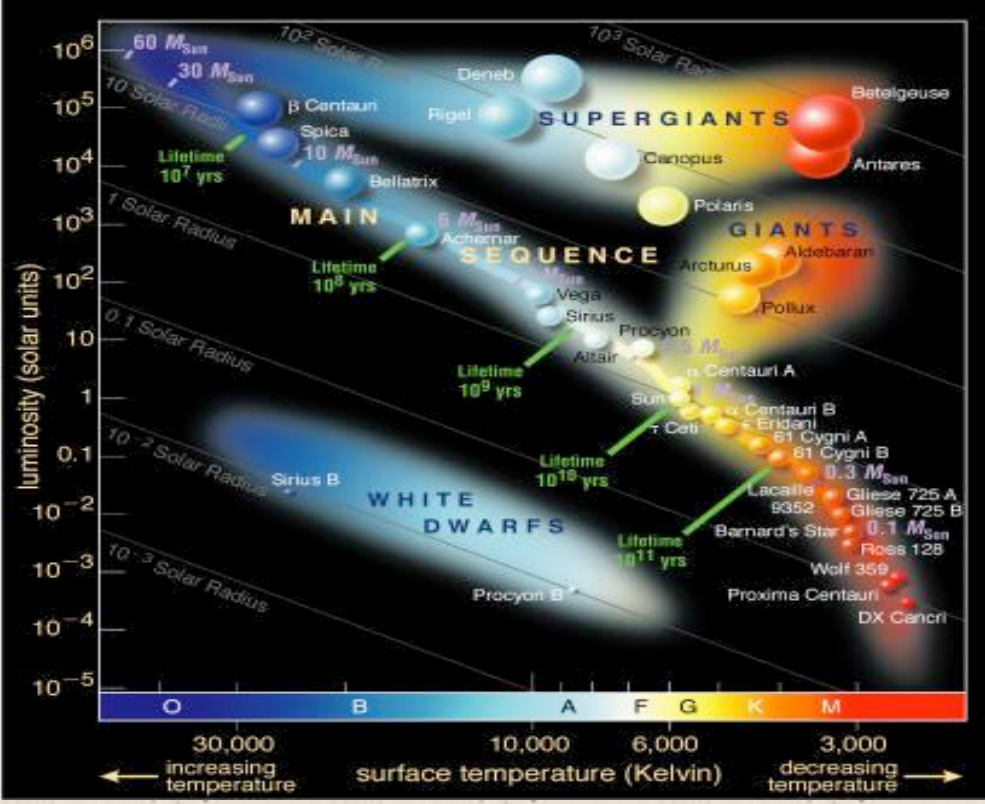
रंग म्हटला की डोळ्यासमोर येतात सुंदर रंगीबेरंगी फुलं, फुलपाखरं, इंद्रधनुष्य इ. आपल्याला या गोष्टी दिसतात कारण त्यांच्यावर पडलेला (सूर्य)प्रकाश परावर्तित होऊन आपल्या डोळ्यात शिरतो. खगोलशास्त्राचा अभ्यास रात्री केला जातो. त्यातल्या त्यात काळोख्या रात्री ब-या. पण त्यामुळे रंगांना काही वावच नाही असे मात्र समजून नका बरे! खगोलशास्त्रात रंग इतक्या विविध प्रकारे येतात की इंद्रधनुष्य तोकडे वाटावे. इंद्रधनुष्यात दिसणारे रंग म्हणजे विशाल वर्णपटाचा छोटासा भाग (पहा आकृती १).



आकृती १ : विद्युतचुंबकीय लहरींचा वर्णपट (श्रेय: विकिपेडिया)

प्रकाश(कण) म्हणजे विद्युतचुंबकीय लहरी*. दृश्यमान प्रकाशाची तरंगलांबी ही ०.४(जांभळा)-०.७(तांबडा) मायक्रॉन एवढी असते (१००० मायक्रॉन = १ मि.मि.). आकृतीमध्ये ही लांबी सरसकट ०.५ मायक्रॉन अशी दाखवली आहे. संपूर्ण वर्णपट पाहिल्यास एका बाजूला हजार मीटर लांबीच्या रेडिओ लहरी दिसतात (दृश्य व रेडिओ लहरींच्या दरम्यान असतात मायक्रोवेव्हज् - काही मायक्रॉन लांबीचे तरंग असलेल्या) तर दुसऱ्या बाजूला मायक्रॉनच्याही दशलक्ष पटीने कमी तरंगलांबीची गॅमा-किरणे (आणि त्या दरम्यान असतात क्ष-किरणे). या सर्व लहरींमधील साधर्म्य म्हणजे निर्वात पोकळीत यांचा वेग सारखाच ~ 300000000 कि.मि./सेकंद ($= 3 \times 10^8$ मि^१ सेकंद^{-१} = ~ 186000 मैल/सेकंद). त्यांची उर्जा (energy) मात्र समान नसते. जितकी तरंगलांबी कमी तितकी उर्जा अधिक. दृश्यलहरींची उर्जा काही इलेक्ट्रॉन-व्होल्ट (eV^{***}) असते. क्ष-किरणांची हजारो eV तर गॅमा-किरणांची त्याहीपेक्षा जास्त. (याहीपेक्षा जास्त ऊर्जा वैश्विक किरणांमध्ये असते, पण तो विद्युतचुंबकीय वर्णपटाचा भाग नव्हे).

विद्युतचुंबकीय लहरी या विद्युतभारांच्या बदलणा-या गतीमुळे निर्माण होतात. कशाप्रकारचे हे बदल आहेत यावरून तरंगलांबी ठरते. जवळजवळ सर्व अवकाशीय स्रोत भरपूर प्रमाणात दृश्य तरंगलहरी निर्माण करतात. पण काही स्रोत इतके दूर असतात की ते जर प्रखर रेडिओलहरी किंवा क्ष-किरणे निर्माण करत असतील तर त्यांचा शोध सोपा होतो. क्ष-किरणे ही इलेक्ट्रॉन्सच्या त्वरणामुळे (गतिवृद्धी किंवा acceleration) निर्माण होतात तर गॅमा-किरणे अणुकेंद्रांमधील उलथापालथीमुळे.



विश्वाचा कॅन्व्हास हा दृश्य रंगांनी रंगवता येणाऱ्या चित्र-पटापेक्षा खुपच मोठा आहे. या पटावर अवकाशीय तांडव चालतं. आपण मात्र यापासून बचावलो आहोत. आपली सद्य जडण-घडण (उदा. फक्त ज्याला आपण दृश्य म्हणतो त्याच तरंगलांबीचे प्रकाशकण पाहू शकणे) अशी असण्याला आपले वातावरण कारणीभूत असू शकेल. आकृतीमधील वरच्या भागातील N दर्शवतो की गॅमा-किरणे, क्ष-किरणे यांच्यापासून आपले संरक्षण पृथ्वीचे वातावरण करते. अवकाशीय स्रोतांपासून येणारी क्ष-किरणे व गॅमा-किरणे टिपू शकणाऱ्या दुर्बिणी आपल्याला वातावरणाच्या वर स्थापाव्या लागतात.

आता आकृती २ कडे पहा. मानवी आयुष्याच्या तुलनेत ता-यांचे आयुष्य लाखो ते कोट्यावधी पटीने जास्त असते. (साधारणतः ता-याचे द्रव्यमान - mass - जितके अधिक तितके त्याचे आयुष्य

आकृती २: Hertzsprung-Russell diagram. सूर्य G प्रकाराचा तारा आहे (क्ष-अक्ष) आणि एकक म्हणून वापरल्याने त्याची तेजस्वीता अर्थातच १ आहे (य-अक्ष). (श्रेय: मेडियाविकी slackerastronomy.org)

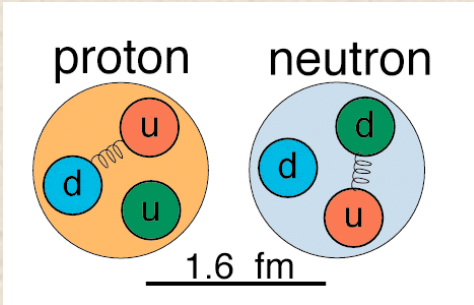
कमी.) आकृतीत क्ष-अक्षावर ता-यांचे तापमान दर्शविले आहे तर य-अक्षावर ताऱ्यांची तेजस्वीता (luminosity). Hertzsprung आणि Russell या शास्त्रज्ञांच्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या या चित्रात (HR diagram) माहिती ठासून भरली आहे. ता-यांच्या दीर्घ आयुर्मानामुळे जरी आपण एकाच ता-याचा जन्मापासून मृत्युपर्यंत अभ्यास करू शकत नसलो तरी एकत्र अनेक ता-यांचा अभ्यास केल्यास statistically ता-यांच्या जीवनचक्राबद्दल माहिती मिळते. आपल्या दिर्घिकेत $\sim 100,000,000,000,000$ (10^{14}) तारे आहेत. त्यापैकी एका छोट्या अंशाचा जरी अभ्यास केला तरी तो प्रातिनिधिक ठरतो. HR diagram त्यामुळे ताऱ्यांचा जीवनचक्रदर्शक आहे. तारे त्यांच्या जीवनातील बहुतांश काळ या आकृतीच्या ज्या भागात घालवतात त्याला मुख्य अनुक्रम (main sequence) असे म्हटल्या जाते. हा पट्टा खालच्या उजव्या कोप-यापासून वरच्या डाव्या कोप-याकडे जातो. या "खोडा"ला बऱ्याच शाखा फुटतात. वेगवेगळ्या वस्तुमानाचे तारे वेगवेगळ्या शाखांवर कालक्रमण करतात. पण तारे या आकृतीत सरकतात म्हणजे काय? तर काळाप्रमाणे त्यांचे तापमान बदलते व तेजस्वीता पण. आणि अर्थातच तापमानाप्रमाणे रंग. म्हणूनच काही तारे लालसर ता-याकडून येणाऱ्या प्रकाशाचा वर्णपट मिळवल्यास त्या ता-यामध्ये असलेल्या रासायनिक तत्वांबद्दल



आकृती: ३ चंद्रा दुर्बिणीच्यासहाय्याने मिळविलेले क्ष-किरण चित्र (निळा रंग) आणि कॅलटेकच्यापालोमार दुर्बिणीतून मिळवलेले दृश्य (पिवळा रंग) एकत्र करून बनविलेले हे Stephan's Quintet चे फसव्या रंगांमधील चित्र. दिर्घिकांच्या टकरीमुळे होत असलेल्या उलथापालथीची कल्पना दोन्ही चित्र अशा प्रकारे एकत्रित केल्यावरच जास्त योग्य प्रकारे मिळते. (श्रेय: <http://apod.nasa.gov/apod/ap030812.html>)

माहिती प्राप्त होते. हायड्रोजन, ऑक्सिजन, कार्बन इ. प्रत्येकी ठराविक तरंगलांबीचा प्रकाश उत्सर्जित करतात. (ता-यांच्या तापमानाला, घनतेला इ. अनुसरून कोणते अणु किती विद्युतभारीत आहेत, आणि इलेक्ट्रॉन्स कोणत्या कक्षेतून कोणत्या कक्षेत उड्या मारताहेत हे देखील कळते). वर्णपट मिळवायला लागतो त्यापेक्षा कमी वेळात वेगवेगळे फिल्टर्स वापरून रासायनिक तत्वांबद्दल अंदाज बांधता येतात (प्रत्येक फिल्टर हे वर्णपटाच्या विशिष्ट भागातील प्रकाशकणांनाच आत शिरू देते). दिर्घिका या अब्जावधी ता-यांच्या बनलेल्या असतात. त्यांच्यापासून जो प्रकाश येतो त्यावरून त्यांच्यातील जास्त तारे म्हातारे (लाल) आहेत का तरुण (निळे) हे कळते.

तुम्ही जी खगोलशास्त्रातील सुंदर, रंगीत चित्रे पहाता (उदा. दिर्घिका, तारकासमुह) ती बरेचदा तीन वेगवेगळ्या फिल्टर्स मधील चित्रांचा संयोग करून बनविली असतात. दोन टक्कर होत असलेल्या दिर्घिकांचे उदाहरण घेऊ या****. जर आपण त्यांचे चित्र लाल, हिरव्या व निळ्या फिल्टर्सनी मिळवले तर जिथे टक्कर होते आहे त्या भागात होणा-या ढवळाढवळीमुळे नवीन तारे जन्माला येत असणार. त्या उष्ण वायुमुळे निळ्या फिल्टरमध्ये जास्त प्रकाशकण प्राप्त होणार. या उलट, बाहेरच्या भागात प्राचीन ता-यांपासूनचे लाल प्रकाशकण जास्त असणार. प्रत्येक चित्रकणात (pixel) किती लाल, हिरवे व निळे प्रकाशकण आहेत यावरून त्या चित्रकणाचा अंतिम रंग रंगांच्या मिश्रणाच्या न्यायाने ठरविला जातो. असे चित्रातील प्रत्येक चित्रकणाकरता केले की एक सुंदर वास्तववादी चित्र तयार होते.



आकृती ४: "रंगीत" क्वॉर्क्सपासून बनलेले रंगविहीन हॅड्रॉन्स up(u), down (d), top (t), bottom (b), charm (c), strange (s) अशी सामान्य मोहक आणि विचित्र नावं क्वॉर्क्सना आहेत. (श्रेय: scri.fsu.edu)

एखादी गोष्ट एका ठराविक रंगाची तेंव्हाच असू शकते जेव्हा त्या वस्तुचा आकार कमीतकमी त्या रंगाच्या तरंगलांबी येवढा असतो. अणुकेंद्राचा आकार हा दृश्य लहरींच्या तुलनेत एक अब्ज पटीने कमी असतो. अणुकेंद्रातील प्रोटॉन व न्युट्रॉन हे स्वतः रंगविरहीत असतात, पण ते ज्या क्वॉर्क्सचे (quark) बनले असतात ते म्हणजे निळ्या, हिरव्या, किंवा लाल रंगांचे असतात. अर्थातच हे रंग खरे नव्हे. पण भौतिकशास्त्रज्ञ अशी नावे वापरून रंगांच्या इतर लक्षणांचा वापर करून घेतात. या रंगछटांपासून रंगविरहीत संयुगं कशी मिळवायची? मिसळा एक हिरवा, एक निळा आणि एक लाल क्वॉर्क की बनला एक रंगविरहीत हॅड्रॉन (प्रोटॉन व न्युट्रॉन ही हॅड्रॉन्सची उदाहरणे). रंगीत क्वॉर्क्सप्रमाणेच पूरकरंगांचे पूरकक्वॉर्क्स (anti-quarks) असतात. निळ्या रंगाचा पूरकरंग पिवळा (=लाल+हिरवा). एक क्वॉर्क आणि त्याच्या पूरकक्वॉर्क एकत्र आले की बनला एक कमी आयुर्मानाचा जड मेसॉन*****.

या होत्या रंगांसंबंधी काही गमती. इतरही अनेक आहेत. उदा. कृष्णविवरे, redshift, आकाश निळे का असते, उगवणारा चंद्र तांबूस का भासतो इ. पण ते नंतर कधीतरी.

* प्रकाशकण (photons) आणि प्रकाशलहरी ही एकाच गोष्टीची दोन विवरणे.

** २९९७९२४५८.० मि/सेकंद - या पेक्षा मोठा वेग असू शकत नाही.

*** electronVolt (eV) हे ऊर्जेचे एकक आहे. एखाद्या विद्युतचुंबकीय लहरीची तरंगलांबी नॅनोमीटर मध्ये क्ष असेल तर त्या लहरीची उर्जा १२४० भागीले क्ष इतकी असते.

**** दिर्घिकांची टक्कर ही फार काही दुर्लभ गोष्ट नाही. गंमत ही आहे की दिर्घिकांमधील तारे इतके विखुरलेले असतात की एका दिर्घिकेतील ताऱ्यांची टक्कर मात्र दुसऱ्या दिर्घिकेतील ता-यांशी होत नाही. आपले गुरुत्वीय बळ नोंदवत दोन दिर्घिका एकमेकांच्या आरपार जाऊ शकतात. (आणि मग पुन्हा आकर्षित होतात, पुन्हा प्रेमात पडतात, आणि हळुहळु २-३ अब्ज वर्षात एक बनून जातात.)

***** क्वॉर्क्सवरील विद्युतभारदेखील अंशात्मक असतो. स्वतंत्र संचार करू शकणाऱ्या कणांवरील विद्युतभार आंशिक असू शकत नाही. त्यामुळे कोणते क्वॉर्क्स एकत्र येऊ शकतात याचे अजून काही नियम आहेत.

-आशिष महाबळ

खगोलशास्त्रज्ञ, कॅलटेक(Caltech)