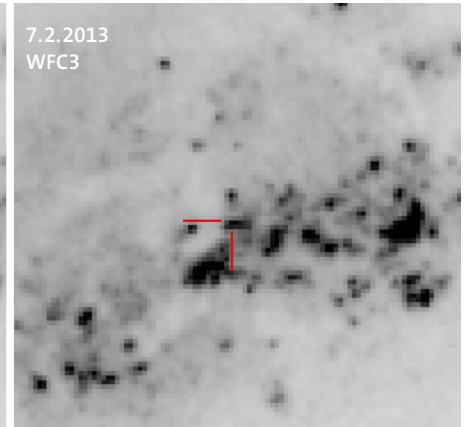
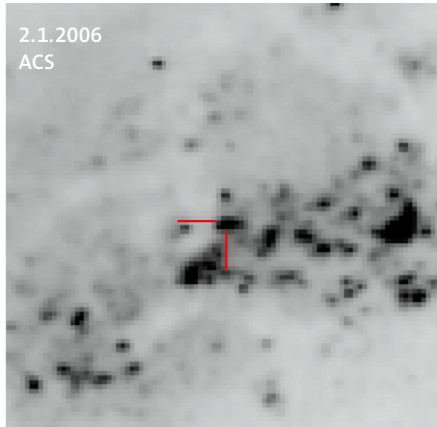
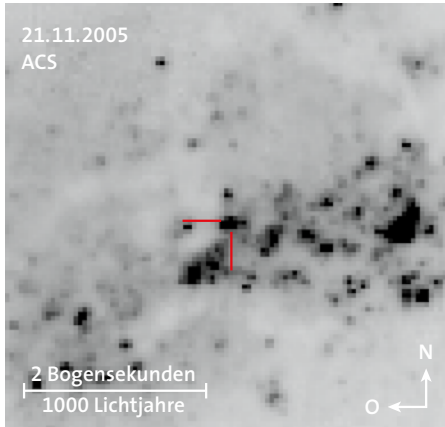




ZUM NACHDENKEN

Entartungsdruck und Weiße Zwerge



Sterne haben einen stabilen Durchmesser, wenn die nach innen gerichtete Gravitation und der isotrop wirkende Druck der bei der Fusion freigesetzten Photonen im Gleichgewicht sind. Mit zunehmender Zeit lagert sich im Sternzentrum die Asche der Fusionsprozesse ab, zunächst Helium, später schwerere Elemente bis hin zum Eisen. Dieses Element ist dasjenige mit der höchsten Massenzahl, bei dessen Fusion noch Energie freigesetzt wird. Mit zunehmenden Sternalter wächst im Inneren der Eisenkern zu immer größerer Masse an. Dem von der Gravitation verursachten Druck der äußeren Schichten auf den Kern steht nun nur noch ein quantenmechanischer Effekt entgegen: das Pauli-Prinzip. Demzufolge können zwei Elementarteilchen mit halbzahligen Spin, Elektronen, Neutronen, Protonen, so genannte Fermionen, nicht in allen Eigenschaften gleich sein, insbesondere nicht denselben Raum ausfüllen.

Aufgabe 1: Bei dem hohen Druck im Kern des Sterns folgt mit der heisenbergschen Unschärferelation zunächst für die leichten Elektronen, denen nur ein winziges Volumen der Ausdehnung Δx zur Verfügung steht, der so genannte Entartungsdruck, auch Fermi-Druck genannt: $p_F \approx E_F / \Delta x^3$. Dabei ist die so genannte Fermi-Energie $E_F \approx \hbar^2 / [m_e \Delta x^2]$, $\hbar = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ das plancksche

Wirkungsquantum, $\hbar = h / (2 \pi)$ und $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ die Elektronenmasse. Man schreibe den Fermi-Druck als Funktion von $\hbar$, m_e und Δx .

Aufgabe 2: Im Kern eines Weißen Zwergs (Masse M , Radius R) herrscht der durch die Gravitation verursachte Druck $p_G = G M^2 / R^4$. Im Druckgleichgewicht gilt dann: $p_F = p_G$. Unter der Voraussetzung, dass der Weiße Zwerg die gleiche Anzahl von Elektronen N_e und Protonen N_p enthält, des Weiteren $N_e \Delta x^3 = R^3$ sowie $N_p m_p = M$ gilt (Protonenmasse $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$), ermittle man κ in der Gleichgewichtsbedingung für Weiße Zwerge: $\kappa = M^{1/3} R$. Dabei hängt κ nur von G , $\hbar$, m_e und m_p ab (Gravitationskonstante $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$).

Aufgabe 3: Skaliert man $M^{1/3} R$ mit den Werten für die Sonne, bildet also $(M/M_\odot)^{1/3} (R/R_\odot)$, so lässt sich für $M = M_\odot$ der Radius des Weißen Zwergs berechnen. Wie groß ist dieser? Sonnenmasse $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, Sonnenradius $R_\odot = 6,963 \cdot 10^8 \text{ m}$. AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **12. Februar 2016** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern **Preise** verlost: siehe S. 101

In diesen drei Bildern der Galaxie NGC 3021, die das Weltraumteleskop Hubble im Abstand von mehreren Jahren aufnahm, ist der Un-Nova-Kandidat auf den Aufnahmen der Jahre 2005 und 2006 zu sehen. Im rechten Bild ist er verschwunden.

1,4 Sonnenmassen oder aber um Schwarze Löcher mit mehr als fünf Sonnenmassen handelt.

Mut zur Lücke ist gefordert: Astronomen vermuten nun, dass diese von fehlgeschlagenen Supernovae gefüllt wird, den so genannten Un-Novae. Demnach soll es sich um Rote Überriesen handeln, deren Explosionsstoßfront aus Energiemangel noch im Inneren des Sterns ins Stocken gerät. Der Stern würde damit direkt zu einem Schwarzen Loch kollabieren, ohne vorher zur Supernova zu werden. Kein Wunder also, dass noch keine Un-Nova entdeckt wurde und somit ein definitiver Nachweis ihrer Existenz bislang ausgeblieben ist.

Ein Team um Thomas M. Reynolds von der University of Cambridge machte sich vor Kurzem auf die Suche nach Un-Novae und stellte seine Ergebnisse nun im Fachmagazin »Monthly Notices of the Royal Astronomical Society« vor. Dafür nutzten sie Archivdaten des Weltraumteleskops Hubble für eine astronomische Fleißarbeit: Da sich Un-Novae gerade nicht durch eine helle Explosion, sondern nur durch das Erlöschen des Roten Überriesen bemerkbar machen, müssen die Forscher über einen längeren Zeitraum so viele Galaxien wie möglich beobachten. Sie suchten dort nach fehlenden Lichtquellen, da es über mehrere Jahre hinweg einige Rote Überriesen geben sollte, die in der Zwischenzeit ihr stellares Leben unspektakulär ausgehaucht haben.

Für ihre Stichprobe wählten die Forscher Galaxien aus, deren Distanz von der Erde mindestens 32 Millionen und höchstens