

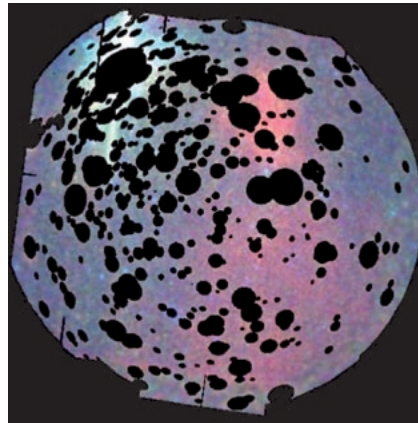
Sternwindblase

Im Herzen des großen Orionnebels residieren vier leuchtkräftige Sterne, gemeinsam bekannt unter dem Namen θ^1 Orionis oder auch Trapez. Letzterer spielt an auf ihre Anordnung in der Himmelsebene; sie befinden sich alle innerhalb eines Kreises von etwa zwanzig Bogensekunden Durchmesser. Der hellste und heißeste von Ihnen, θ^1 Orionis C, besitzt einen heftigen Sternwind und schafft damit eine riesige Kavität innerhalb des Orionnebels, die mit heißem Plasma gefüllt ist (siehe dazu den Bericht auf Seite 16).

Aufgabe 1: Die zum Heizen der Plasma-blase erforderliche Energie ist nicht gerade klein. Der um Vordergrundabsorption korrigierte Wert für die diffuse Röntgenleuchtkraft L_X im Bereich zwischen 0,1 und 10 keV liegt laut den Messungen von Manuel Güdel und Kollegen [1] bei $L_X = 5,5 \times 10^{24}$ J/s. Die einzige infrage kommende Energiequelle ist der schnelle Sternwind der Trapezsterne. Der von θ^1 Orionis C ausgehende Wind besitzt

die Geschwindigkeit $v_W = 1650$ km/s. Die Massenverlustrate des Sterns beträgt $\dot{M} = 8 \times 10^{-7} M_\odot/a$. Man berechne die kinetische Leistung L_W des Sternwinds von θ^1 Orionis C und vergleiche mit der diffusen Röntgenleuchtkraft.

Aufgabe 2: Nach einem einfachen Modell von John Castor und Mitarbeitern [2] ist die heiße Blase von einer dünnen Hülle



Manuel Güdel, XMM-Newton

eingeschlossen. Diese Hülle rührt her von der Stoßfront, die sich einstellt, wenn die überschallschnelle Materie des Sternwinds auf die ruhende, die Blase umgebende Materie des Nebels stößt. Aus energetischen Überlegungen, die den Sternwind als Energiequelle betrachten, lässt sich der Radius R_S der Hülle und damit der Radius der heißen Blase berechnen:

$$R_S = 28 \left(\frac{\dot{M}_6 v_{2000}^2}{n} \right)^{1/5} t_6^{3/5} \text{ pc.}$$

Dabei sind folgende Definitionen getroffen: Die normierte Massenverlustrate ist $\dot{M}_6 = \dot{M}/(10^{-6} M_\odot/a)$, die normierte Windgeschwindigkeit ist $v_{2000} = v_W/(2000 \text{ km/s})$, die normierte Dichte ist $n = n_0/\text{cm}^{-3}$ und das normierte Sternalter ist $t_6 = t/(10^6 \text{ a})$. Die in die Gleichung eingehende Dichte

◀ Röntgenbild des Orionnebels, auf dem alle hellen Quellen entfernt wurden. Recht deutlich tritt die heiße Blase in rötlichen Tönen hervor. (Aus [1])

Lösung der Aufgabe aus dem Dezember-Heft 2007

Aufgabe 1: Unter der Annahme isotroper Abstrahlung ist die gesamte Fläche F_D der Kugel, deren Radius der Distanz zur Quelle des Gammastrahlenausbruchs entspricht, zu berücksichtigen:

$$F_D = 4 \pi D_H^2.$$

Dann ist die abgestrahlte Gesamtenergie E_{ges} des Gammastrahlenausbruchs:

$$E_{\text{ges}} = E_F F_D = E_F 4 \pi D_H^2 = \frac{D^2}{(1+z)^2}.$$

Bei der gemessenen Rotverschiebung des optischen Nachleuchtens des Ausbruchs GRB 990123 von $z = 1,6$ und der Distanz $D = 4,6$ Gpc folgt mit dem von der Quelle am Ort der Erde verursachten Energiefluss $E_F = 5 \times 10^{-11} \text{ J/cm}^2$ die gesuchte Gesamtenergie zu:

$$E_{\text{ges}} = 5 \times 10^{46} \text{ Joule.}$$

Vergleicht man diese Energiemenge mit der der Ruhemasse der Sonne entsprechenden Energie $E_{M_\odot} = M_\odot c^2$, dann ergibt sich das Verhältnis:

$$E_{\text{ges}}/E_{M_\odot} = 0,105.$$

Man müsste demnach gut zehn Prozent der Masse der Sonne in Energie umwandeln, um die abgestrahlte Energiemenge des Gammastrahlenausbruchs zu erhalten. Erfolgt die Abstrahlung allerdings nicht isotrop, sondern, wie man mittler-

weile weiß, gebündelt in Form zweier relativistischer Kegel, dann verringert sich dieser Betrag erheblich.

Aufgabe 2: Da sich die Quelle des Gammastrahlenausbruchs GRB 060927 wegen der gemessenen Rotverschiebung $z = 5,476$ in sehr großer Entfernung befindet, unterliegt das dort abgestrahlte Licht einer von der Expansion des Weltalls herrührenden hohen Zeitdilatation. Der Grafik ist zu entnehmen, dass ein kompletter Wellenzug der Wellenlänge λ zum Durchschreiten seiner Länge die Zeit Δt benötigt. Am Ort der Quelle des Gammastrahlenausbruchs GRB 060927 gilt deswegen $\lambda_0 = c \Delta t_{\text{em}}$. Dieses Licht erreicht uns mit der Wellenlänge $\lambda_{\text{beob}} = c \Delta t_{\text{beob}}$. Wegen $z = \Delta \lambda/\lambda_0 =$

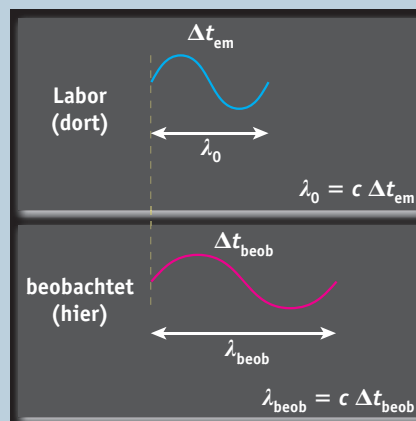
$(\lambda_{\text{beob}} - \lambda_0)/\lambda_0$ führt dies mit $\Delta t_{\text{beob}} = 16,5$ Sekunden sofort auf:

$$\Delta t_{\text{em}} = \Delta t_{\text{beob}} / (1+z) = 2,55 \text{ Sekunden.}$$

Im Ruhesystem der Quelle von GRB 060927 sind demnach nur knapp drei Sekunden vergangen, bis das Teleskop ROTSE den Lichtblitz sehen konnte. AMQ

Richtige Lösungen sandten ein:

Anette Anastasakis, D-69207 Sandhausen; Ulrike Hellmann, D-42365 Wuppertel; Anna Konrad, D-52072 Aachen; Ulrike Neumann, D-59558 Lippstadt; Maria Obst, D-92318 Neumarkt; Dorothea Steglich, D-67346 Speyer; Sieglinde Übermayer, A-2253 Weikendorf; Margit Zink, D-73240 Wendlingen; H. Angerer, A-9081 Reifnitz; J. Beisser, D-28865 Lilienthal; W. Bernhardt, D-79737 Herrschried; W. Blendin, D-65597 Hünfelden-Kirberg; A. Borchardt, D-86356 Neusäß/OT Steppach; G. Breitkopf, D-13156 Berlin; H. Bresele, D-93128 Regensburg; U. Buchner-Eysell, D-86833 Ettringen; W. Christ, D-65824 Schwalbach; K. Clausecker, D-74219 Möckmühl; R.-R. Conrad, D-31275 Lehrte; A. Dannhauer, D-38871 Ilsenburg; M. Deye, D-97241 Bergtheim; J. Döblitz, D-70619 Stuttgart; A. M. Dufter, D-83334 Inzell; H. Duran, CH-5300 Turgi; M. Ebert, D-85435 Erding; H. Eggers, D-31311 Uetze; P. Fischer, D-08223 Falkenstein; R. Fischer, D-50858 Köln; G. Forster, D-69120 Heidelberg; G. Gaysert, D-73728 Esslingen; M. Geisel, D-79540 Lörrach; M. Gläsel, D-95445 Bayreuth; J. Glatkowski, D-76571 Gaggenau; H. Göbel, D-79540 Lörrach; J. Th. Grundmann, D-52068 Aachen; A. Güth, D-73078 Boll; R. Guse, D-31228 Peine; A. Haag, D-63110 Rodgau; J. Haller, D-51379 Leverkusen; A. Hardt, D-38124 Vechelde; W. Hauck, D-90449 Nürnberg; D. Hauffe, D-60431 Frankfurt am Main; H. Hauser, D-89275 Elchingen; A. Hentzschel, A-3500 Krems; U. Hermann, D-89347 Bubesheim; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; J. Hochheim, D-06295 Lutherstadt Eisleben; J. Hölscher, D-50127 Bergheim; E. Hoffmeister, D-53604 Bad Honnef; F. Hofmann, D-01069 Dresden; B. Hornisch, D-91238 Engelthal; N. Husmann, D-48155 Münster; Th. Inghoff, D-34355 Staufenberg; G. Junge, D-04600 Al-



der Hülle beträgt $n_0 = 10^4 \text{ cm}^{-3}$, das Alter von θ^1 Orionis C ist $t = 10^6 \text{ a}$. Man ermittle den Radius der heißen Blase im Orionnebel. Güdel und Kollegen geben für den Radius etwa zwei Parsec an (siehe Abbildung auf Seite 16). Ist das Ergebnis von Aufgabe 2 damit von der Größenordnung her verträglich?

Aufgabe 3: Mit Hilfe desselben Modells lässt sich auch die Temperatur innerhalb der Blase bestimmen:

$$T_B = 1,6 \times 10^6 n^{2/35} (M_6 v_{2000}^2)^{8/35} t_6^{-6/35} \text{ K.}$$

Wie hoch ist demnach die Temperatur des Plasmas in der heißen Blase im Orionnebel? Güdel und Kollegen finden eine aus den Röntgendaten abgeleitete Temperatur von 1,7 bis 2,1 Millionen Kelvin. Ist das Ergebnis damit verträglich?

AXEL M. QUETZ

Literatur

- [1] **Manuel Güdel et al.:** Million-degree plasma pervading the extended Orion Nebula. *Science Express*, 29.11.2007, arXiv:0712.0476v1.
 [2] **John Castor, Richard McCray, Robert Weaver:** Interstellar bubbles. *Astrophysical Journal* **200**, L107 (1975).

tenburg; H. Kamper, D-89520 Heidenheim; S. Kassam, D-60431 Frankfurt/M.; J. E. Keller, D-68775 Ketsch; L. Kirschhock, D-92237 Sulzbach-Rosenberg; F.-G. Knell, D-63457 Hanau; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; M. Krellmann, D-01239 Desden; M. Kretzler, D-69259 Wilhelmsfeld; K.-H. Kunkler, D-45279 Essen; K. Kullack, NL-2203BB Noordwijk; O. Kunze, D-35039 Marburg; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; M. Leinweber, D-35435 Wettenberg; A. Leonhardt, D-90559 Burghthann; B. Leps, D-13507 Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Sinzing; R. Lüthmann, D-78224 Singen; W. Mahl, D-71254 Ditzingen; P. Matzik, D-51399 Burscheid; N. Mayer, D-12205 Berlin; R. Melcher, D-76227 Karlsruhe; M. Mendl, D-85567 Grafing b. München; K. Mischke, D-71116 Gärtringen; F. Moser, D-47167 Duisburg; K. Motl, D-82538 Geretsried; S. Mrozek, D-25358 Horst; Chr. Netzel, D-52080 Aachen; J. Nußbaum, D-80689 München; M. Otte, D-59558 Lippstadt; Chr. Overhaus, D-46325 Borken; G. Pannach, D-38124 Braunschweig; H.-P. Patjens, D-27299 Langwedel; Chr. Petersen, D-21706 Drochtersen; R. Pitzl, A-2345 Brunn/Gebirge; M. Plambeck, D-21031 Hamburg; G. Portisch, D-75015 Bretten; U. Poschmann, D-52351 Düren; R. Prager, A-2230 Gänserndorf; H. Prange, D-57250 Netphen; B. Quednau, D-33397 Rietberg; I. Raap, D-89551 Königsbrunn; F. Reinhardt, D-79539 Lörrach; E. Rössler, D-13503 Berlin; K. Rohe, D-85625 Glonn; A. Schäfer, D-71711 Steinheim/Murr; F. Schauer, D-79199 Kirchzarten; J. Schermer, D-12687 Berlin; R. H. Schertler, A-5280 Braunau am Inn; M. Schiffer, D-88662 Überlingen; B. Schmalfeldt, D-21521 Aumühle; R.-G. Schmidt, D-45657 Recklinghausen; J. Schnichels, D-53881 Euskirchen; G. Scholz, D-73457 Essingen; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; St. Schuler, D-66346 Püttlingen; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; F. Seybold, D-86153 Augsburg; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; A. Thiele, D-52066 Aachen; A. Trutschel-Stefan, D-83714 Miesbach; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; B. Wichert, D-21629 Neu-Wulmstorf; Chr. Wiedemair, I-39031 Bruneck, Südtirol; H.-U. Wieland, D-73340 Amstetten; G. Wirthmer, A-1200 Wien; P. Wüst, D-88662 Überlingen; S. Zettl, A-2851 Krumbach; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen; hingen.

Insgesamt 123 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.

Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE

Marskanal bei Utopia Planitia			russisches Kosmodrom (2. Wort)		Kernregion eines Sonnenflecks		Rang der Marine deutscher Astronaut		Hundstern		Vulkan im Süden Japans	
MIR, ISS												4
Sternbild bei Cetus u. Phoenix (int. Abk.)												
Spiralarm der Milchstraße												
Opfer												
Vulkan auf Hawaii (Mauna ...)												
elektrom. Strahlung (Abk.)												
Gamma Cygni												

Lösung des Kreuzworträtsels aus SuW 12/2007

H A W G S U
 D Y S N O M I A T R I
 D D S N G R U S
 A R A T M A R F A K
 C A S T O R R E E
 T K I S I M C N
 M E Z G N Y R E N
 T R A P E Z P E
 N A I R L A S E R D
 X M M H A L L E Y



Kreuzworträtsel. Die eingekreisten Buchstaben bilden ein Lösungswort. Unter allen, die dieses Lösungswort bis zum **15. Februar** auf einer **Postkarte** an die **Redaktion** einsenden, verlosen wir einen Satz Justierokulare im Wert von 95 €, gestiftet von Fa. Astrocom, Martinsried.

Viel Spaß beim Knobeln!

Die Lösung des Kreuzworträtsels in Heft 12/2007 lautet: **Zwergplanet**. Der glückliche Gewinner des Buches »Der kreative Kosmos« (bei 108 richtigen, 1 falschen und 16 zu spät eingetroffenen Postkarten) ist: **Werner Auer**, Bremer Str. 40, D-90765 Fürth. *Herzlichen Glückwunsch! Red.*

»Zum Nachdenken« im Web

Einige Tage vor der Auslieferung des gedruckten Heftes lässt sich das aktuelle »Zum Nachdenken« auf der Homepage von SuW www.suw-online.de als PDF finden. Ältere Fassungen: → Heftarchiv → Jahr, bzw. Zurückliegende Ausgaben.

Einsendungen

- Lösungen werden nur auf Papier – Brief oder Fax – akzeptiert, auf keinen Fall jedoch per E-Mail.
- Die Redaktion empfiehlt, Namen und Anschrift immer auf dem Lösungsblatt zu notieren.
- Lösungen, die nach dem angegebenen Stichtag eintreffen, können leider nicht berücksichtigt werden.

Die 27. Runde

Mit der Aufgabe im Juni-Heft begann die 27. Runde *Zum Nachdenken*. Alle Löser mit wenigstens neun richtigen Einsendungen aus den zwölf bis inklusive Mai 2008 erscheinenden Aufgaben in »Zum Nachdenken« werden bei der Verlosung im Sommer 2008 berücksichtigt. Zu gewinnen ist als attraktiver Hauptpreis ein **8-Zoll-Reisedobson**, gestiftet von Fa. Hofheim Instruments.

Viel Spaß beim Nachdenken und viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!



Hauptpreis

Mit dem 8-Zoll-Reisedobson von Hofheim Instruments im Wert von 990 € können Sie in Ihrem nächsten Urlaub überall auf Galaxien- und Nebeljagd gehen. Zusammengepackt ist es ein nur 8 kg leichtes Handgepäckstück, aufgebaut ein leistungsstarker 8-Zoll-f/4-Newton in Gitterbauweise auf einer klassischen Dobson-Montierung. Das Gerät ist stabil und solide aus Aluminium, Edelstahl und Birke-Multiplexholz gefertigt. Es ist extrem einfach zu handhaben. Zu dem Gerät wird ergänzend ein umfangreiches Zubehörprogramm angeboten. Gestiftet von Fa. Hofheim Instruments, Hofheim.

www.hofheiminstruments.com