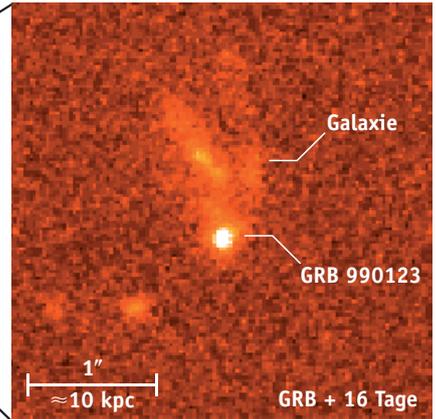
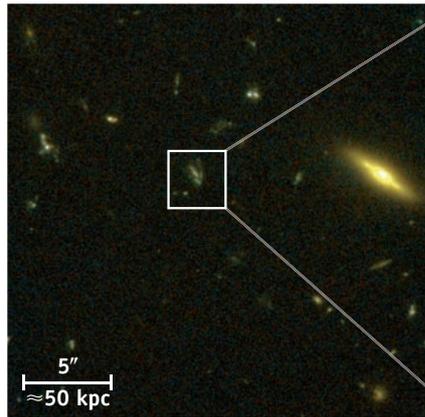


Gamma-Ray Bursts

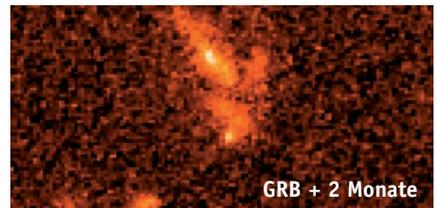
Nicht mehr ganz so rätselhaft wie noch vor wenigen Jahren erscheinen uns die Röntgen- und Gammablitzlichter am Himmel – die Gamma-Ray Bursts. Ihre Verteilung über die Sphäre ist gleichförmig, was schon früh die Vermutung aufkeimen ließ, ihr Ursprung läge weder im Sonnensystem, noch in der Galaxis, sondern vielmehr weit entfernt im transgalaktischen Raum. Genau dies zeigen nun die gemessenen Rotverschiebungen. Die Quellen der Bursts sind vermutlich verschmelzende Neutronensterne und spezielle Supernovaexplosionen, auch Hypernovae genannt. Den heutigen Erkenntnisstand schildert der Aufsatz »Kosmische Gammastrahlenausbrüche« ab Seite 42 in diesem Heft.

Die folgenden Aufgaben befassen sich mit einigen Aspekten der Gamma-Ray-Bursts, der mit dem Ausbruch verbundenen gewaltigen Energie und ihrer selbst für kosmologische Maßstäbe großen Distanzen.

Aufgabe 1: Mit Hilfe des Teleskops KECK-II konnte vom optischen Nachleuchten des Ausbruchs GRB 990123 ein Spektrum angefertigt werden. Es zeigt, dass die Quelle die Rotverschiebung $z = 1.6$ aufweist. Dies



▲ Mit dem Weltraumteleskop HUBBLE gelang die Aufnahme des optischen Afterglows von GRB 990123. Das Bild oben links entstand am 8.2.1999, 16 Tage nach Aufleuchten des Gammastrahlenausbruchs.



entspricht der Distanz $D = 4.6$ Gpc. Die Quelle verursachte am Ort der Erde einen Energiefluss $E_F = 5 \cdot 10^{-11} \text{ J/cm}^2$. Unter der Annahme isotroper Abstrahlung bestimme man den Gesamtenergieausstoß. Man beachte, dass dabei die Helligkeitsdistanz verwendet werden muss. Sie ist gegeben durch $D_H = D/(1+z)$. Man vergleiche mit

Lösung der Aufgabe aus dem Oktober-Heft 2007

Aufgabe 1: a) Die große Bahnachse der Ellipse ist gleich der Summe aus Perihelidistanz und Aphelidistanz, sie besitzt also die Länge:

$$2a = r_p + r_A \quad (1)$$

Die numerische Exzentrizität e ergibt sich aus der linearen Exzentrizität ε , also dem Abstand zwischen Ellipsenmittelpunkt und Fokus

$$\varepsilon = a - r_p$$

zu:

$$e = \frac{\varepsilon}{a} = 1 - \frac{r_p}{a} = \frac{r_A - r_p}{r_A + r_p}$$

Mit $r_p = 5 \text{ AE}$ und $r_A = r_{\text{Oo}} = 100000 \text{ AE}$ folgt:

$$e = 0.9999$$

b) Die Bahnhälbachse a folgt aus (1) zu

$$a = \frac{r_A + r_p}{2} = 50002.5 \text{ AE}$$

c) Mit Hilfe des dritten Keplerschen Gesetzes in der Form $(a/a_{\text{Erde}})^3 = (P/P_{\text{Erde}})^2$ folgt sofort:

$$P = P_{\text{Erde}} (a/a_{\text{Erde}})^{3/2} = 11.2 \text{ Mio. Jahre}$$

Ein Körper, der aus der Oortschen Wolke kommend auf einer Kepler-Bahn in das innere Sonnensystem gelangt, benötigt dazu offenbar viele Millionen Jahre. Eine komplette Sonnenumrundung dauert bei den betrachteten Werten gut elf Millionen Jahre.

Aufgabe 2: Ein von der Sonne beleuchteter Körper empfängt von der Sonnenleuchtkraft L_{\odot} den Teil $L = L_{\odot} F/F_r$, wobei F seine Querschnittsfläche $F = \pi R^2$ ist, r sein Abstand von der Sonne und $F_r = 4\pi r^2$. Er reflektiert den Anteil A_L , der sich am Ort der Erde auf $1/F_r$ verteilt hat. Deshalb gilt:

$$A_{\text{Erde}} \frac{R_{\text{Erde}}^2}{a_{\text{Erde}}^4} = A_{\text{Eris}} \frac{R_{\text{Eris}}^2}{a_{\text{Eris}}^4}$$

Daraus folgt sogleich:

$$a_{\text{Erde}} = a_{\text{Eris}} \sqrt[4]{\frac{A_{\text{Erde}}}{A_{\text{Eris}}} \left(\frac{R_{\text{Erde}}}{R_{\text{Eris}}}\right)^2} = 121.2 \text{ AE}$$

Die Frage, ob ein Erdzwilling noch innerhalb der gestreuten Population, deren Ausdehnung zu $r_E = 500 \text{ AE}$ angenommen wurde, anzutreffen wäre, kann demnach mit Ja beantwortet werden. AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. Dezember** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: (+49)0 6221-528-246.

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; Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Katrin Stauch, D-01640 Coswig; Dorothea Stegling, D-67346 Speyer; Sieglinde Übermayer, A-2253 Weikendorf; Margit Zink, D-73240 Wendlingen; H. Angerer, A-6130 Schwarz; 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; U. Buchner-Eysell, D-86833 Ettringen; W. Christ, D-65824 Schwabach; 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; E. Edler v. Malyevacz, D-70825 Korntal-Münchingen; H. Eggers, D-31311 Uetze; P. Fischer, D-08223 Falkenstein; R. Fischer, D-50858 Köln; G. Forster, D-69120 Heidelberg; M. Geisel, D-79540 Lörrach; M. Glöckl, D-95445 Bayreuth; J. Glattkowski, D-76571 Gaggenau; H. Göbel, D-79540 Lörrach; M. Götz, D-97461 Rügheim; J. Gruber, D-79194 Gundelfingen; 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 Vechede; W. Hauck, D-90449 Nürnberg; D. Hauffe, D-60431 Frankfurt am Main; H. Hauser, D-89275 Elchingen; A. Hentschel, A-3500 Krems; U. Hermann, D-89347 Bubesheim; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; J. Hochheim, D-06295 Lutherstadt Eisleben; E. Hoffmeister, D-53604 Bad Honnef; F. Hofmann, D-01069 Dresden; B. Hornisch, D-91238 Engelthal; N. Husmann, D-48155 Münster; G. Junge, D-04600 Altenburg; 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 Wil-

der der Ruhemasse der Sonne $M_{\odot} = 1.989 \cdot 10^{30}$ kg entsprechenden Energie $E_{M_{\odot}}$ ($c = 2.998 \cdot 10^8$ m/s).

Aufgabe 2: Um zu verstehen, wie die innere »Maschine« eines Gammastrahlenausbruchs funktioniert, möchte man ihn so schnell wie nur irgend möglich auch in anderen Frequenzbereichen beobachten – insbesondere im Optischen. Dies gelang bei GRB 060927 besonders gut. Schon $\Delta t = 16.5$ Sekunden nach dem Erkennen des Gammaausbruchs war eines der ROTSE-I-Teleskope mit seinen 20 Zentimetern Öffnung auf den mitgeteilten Ort ausgerichtet (s. S. 45) und machte erste Aufnahmen. Die Rotverschiebung der Quelle wurde zu $z = 5.476$ bestimmt. Sie unterliegt damit einer hohen Zeitdilatation. Wie schnell wurde mit ROTSE-I demnach der Ausbruch im Ruhesystem der Quelle beobachtet? **Hilfe:** Die Rotverschiebung ist: $z = \Delta\lambda/\lambda_0$, wobei $\Delta\lambda = \lambda_{\text{beob}} - \lambda_0$. Dabei ist λ_0 die im Labor gemessene Ruhewellenlänge und λ_{beob} die beobachtete Wellenlänge. Ein Wellenzug im Labor benötigt zum Durchschreiten seiner Länge die Zeit Δt_{em} : $\lambda_0 = c \Delta t_{\text{em}}$. Im System des Beobachters gilt entsprechend: $\lambda_{\text{beob}} = c \Delta t_{\text{beob}}$. AXEL M. QUETZ

Literatur

[1] Joshua S. Bloom et al.: The host galaxy of GRB 990123. *ApJ* **518**, L1–L4 [1999]

helmsfeld; K.-H. Künkler, D-45279 Essen; O. Kunze, D-35039 Marburg; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; M. Leinweber, D-35435 Wettenberg; A. Leonhardt, D-90559 Burgthann; B. Leps, D-13507 Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Sinzing; R. Lühmann, 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; F. Moser, D-47167 Duisburg; K. Motl, D-82538 Geretsried; 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; S. Schuler, D-66346 Püttlingen; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; F. Seybold, D-86153 Augsburg; R. Stahlbaum, D-38110 Braunschweig; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; A. Thiele, D-52066 Aachen; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; H. Wember, D-22525 Hamburg; B. Wichert, D-21629 Neu-Wulmstorf; Chr. Wiedemair, I-39031 Bruneck, Südtirol; H.-U. Wieland, D-73340 Amstetten; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen.

Insgesamt 119 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.

Kreuzwörtertsel

VON FRED GOYKE

Sternbild von Jupiters Geist (lat. Bez.)	Sternbild mit M 31 (int. Abk.)	2	russisches Raumschiff	1. Mensch im Weltall	Teil einer Träger- rakete	Satellit d. Milchstr. (... Minor Dwarf)
Erismond	Radio- antennen- netzwerk der NASA	11	erster franz. Satellit	Theta Cassio- peiae	Sternbild mit M 33 (int. Abk.)	amerik. Präsident (Mond- landung)
Sternbild Altar (int. Abk.)	Komman- dant der ersten MTR- Besatzung	4	Bremer Raum- fahrt- institut	Schwed. Astronom (1837– 1921)	Pilz- geflecht	Sternbild des Gra- natsterns (int. Abk.)
Stern im Sternbild Zwillinge (lat. Bez.)	medizin. Beruf (Abk.)	3	Heidelber- ger For- schungs- einrichtg.	Kfz.-Kenn- zeichen für Peru	7.8 Licht- jahre entf. Stern (... Leonis)	9
europ. Zeitzone (Abk.)	Sternan- ordnung im Orion- nebel	1	Hilfsmittel für die adaptive Optik	Kfz.-Kenn- zeichen f. Libanon	10	6
Stern im Sternbild Kranich (Al...)	europ. Röntgen- satellit (1. Wort)	Autor des Catalogus stellarum australium	7			

Lösung des Kreuzwort- rätsels aus SuW 10/2007

A A A R B
M O N A L I S A E L T
L T Z G I T T E R
M I L L I K A N O N
V I E R R E R D E
B I A S A D A P T E R
N A A C P O E I
E T H Z N S
T E T H Y S K A S E I
L A H E S S L E O



Kreuzwörtertsel. Die eingekreisten Buchstaben bilden ein Lösungswort. Unter allen, die dieses Lösungswort bis zum 15. Dezember auf einer Postkarte an die Redaktion einsenden, verlosen wir ein Exemplar des Buches »Der kreative Kosmos« im Wert von 15 €, gestiftet von Verlagsgruppe Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Viel Spaß beim Knobeln!

Die Lösung des Kreuzwörtertsels in Heft 10/2006 lautet: **Haarstern**. Der glückliche Gewinner des Astrocom-Filterschiebers, gestiftet von Fa. Astrocom, bei 100 richtigen und 2 falschen Einsendungen ist: **Jörg Klein**, OT Sanzkow 43, D-17111 Siedenbrünzow. Herzlichen Glückwunsch! Red.

Im November-Heft wurde leider das Kreuzwörtertsel aus dem Oktober-Heft wiederholt. Wie bedauern das sehr und geloben Besserung. Der ausgelobte Preis wird dessen ungeachtet unter den Einsendern ausgelost.

»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! AMQ

Hauptpreis

Mit dem 8-Zoll-Reisedobson von Hofheim Instruments im Wert von 990 € können Sie in Ihrem nächsten Urlaub überall auf Galaxien- und Nebel- jagd gehen. Zusammen- gepackt ist es ein nur 8 Kilogramm leichtes Handgepäckstück, aufgebaut ein leistungsstarker 8-Zoll-f/4-Newton in Gitterbau- weise auf einer klassi- schen Dobson- Montierung. Es ist extrem einfach zu handhaben. Zu dem Gerät wird ergänzend ein umfangreiches Zubehörprogramm ange- boten. Gestiftet von Fa. Hofheim Instruments, Hofheim. www.hofheiminstruments.com

