



Zum Nachdenken

Lösung zu »Gravitationswellen von GW150914, Teil 3« aus SuW 6/2016

Aufgabe 7: Überlegen wir uns zunächst die Fluchtgeschwindigkeit v_{esc} einer Masse M . Sie lässt sich ableiten aus dem Energieerhaltungssatz für ein Testteilchen der Masse m : Die Gesamtenergie $E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$ ist im Abstand R von der Masse und im Unendlichen gleich. Da im Unendlichen $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} = 0$ ist, gilt: $\frac{1}{2} m v_{\text{esc}}^2 = G m M/R$. Daraus folgt: $v_{\text{esc}} = (2 G M/R)^{1/2}$. Den Schwarzschildradius R_S einer Masse M erhält man nun rasch aus dem Übergang $v_{\text{esc}} = c$. Es ergibt sich: $R_S = 2 G M/c^2$. Für die beiden Massen $m_1 = 29 M_{\odot}$, $m_2 = 36 M_{\odot}$ ergeben sich die Werte:

$$R_1 = 85,7 \text{ km},$$

$$R_2 = 106,3 \text{ km}.$$

Das finale Schwarze Loch hat die Masse $m_f = m_1 + m_2 - \Delta M = 62 M_{\odot}$, mit $\Delta M = 3 M_{\odot}$. Sein Schwarzschildradius ist dann:

$$R_f = 183,2 \text{ km}.$$

In Relation zum Abstand $a(f_1) = 923,1 \text{ km}$ der beiden Schwarzen Löcher während der in den vorigen Aufgaben betrachteten ersten Schwingung findet sich:

$$R_1 = 0,093 a(f_1),$$

$$R_2 = 0,12 a(f_1),$$

$$R_f = 0,20 a(f_1).$$

Die Schwarzschildradien der beiden Massen betragen rund acht Schwingungen gleich vier Umläufen vor dem Verschmelzen rund zehn Prozent ihres gegenseitigen Abstands.

Aufgabe 8: Die Gravitationsleuchtkraft L_G von GW150914 betrug unter der Voraussetzung, dass die Transformation der drei Sonnenmassen innerhalb von $\Delta t = 0,2 \text{ s}$ geschah:

$$L_{GB} = E/\Delta t = \Delta M c^2/\Delta t = 2,68 \cdot 10^{48} \text{ W} = 6,97 \cdot 10^{21} L_{\odot}$$

ZUM NACHDENKEN

Die Aufgabe dieses Hefts finden Sie auf Seite 23.



Aufgabe 9: Die aus der Änderung der Bahn der Schwarzen Körper umeinander bis zum Zeitpunkt der Verschmelzung resultierende Gravitationsleuchtkraft ist:

$$L_{GB} = \Delta E/\Delta t = -\frac{1}{2} G m_1 m_2 \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{R_1 + R_2} \right) = 2,84 \cdot 10^{48} \text{ W} = 7,39 \cdot 10^{21} L_{\odot}.$$

Aufgabe 10: Die Leuchtkraft aller Sterne im Universum mit 100 Milliarden Galaxien à 100 Milliarden Sternen ist:

$$L_{GB} = 10^{11} \text{ Gal.} \cdot 10^{11} (\text{St./Gal.}) \cdot 1 L_{\odot}/\text{St.} = 10^{22} L_{\odot}.$$

Die Gravitationsleuchtkraft der verschmelzenden Schwarzen Löcher war demnach über die betrachtete Zeitspanne von 0,2 Sekunden ebenso groß wie die Leuchtkraft aller Sterne des gesamten Universums. AMQ

Zum Nachdenken – Richtige Lösungen sandten ein:

Andrea Blomenhofer, Küps-Johannisthal; Ilse Blümel, Obertraubling; Mira Ennes, Rödental; Anke Keidel, Berlin; Brigitte Lindner, A-Wien; Eva Ponic, Lünen; Selina Schube, Bad Dürkheim; Eva Spomer, Wetzlar; Katrin Stauch, Coswig; Cornelia Wiberg, Werl; Margit Zink, Wendlingen; Astronomie-AG der HEBO-Privatschule Bonn; W. Balzer, Hattingen; H. Baudisch, A-Wien; M. Bauer, Wuppertal; O. Bechmann, Velpke; C. Behl, Bad Kissingen; K. Beier, Reichling; W. Blendin, Hünfelden-Kirberg; A. Brandenberger, CH-Rorschacherberg; R. Burgmeier, Regensburg; K. Clausecker, Künzelsau; E. Compans, Langenau; J. Dewitz, Epenwörden; H.-P. Distler, Henstedt-Ulzburg; J. Döblitz, Stuttgart; A. M. Dufter, Inzell; R. Egger, CH-Adetswil; K. E. Engel, Erlangen; M. Fischer, Emskirchen; P. Fischer, Falkenstein; N. Forbrig, Lichtenstein; G. Forster, Heidelberg; A. Frey, Ginsheim; H. und V. Früh, Karlsruhe; M. Geisel, Lörrach; H. Gers, Meschede; J. Glattkowski, Dielheim; H. Göbel, Lörrach; F. Götz, Gummersbach; M. Gottschalk, Konstanz; R. Gottsheim, Dortmund; M. Grasshoff, Schongau; J. Th. Grundmann, Bremen; A. Güth, Zell u. A.; R. Guse, Peine; A. Haag, Rodgau; R. Hagelweide, Wörpsweide; J. Haller, Leverkusen; J. Hampp, Erlangen; F. Hardt, Ehningen; W. Hauck, Hagen; J. Haun, Bochum; H. Hauser, Ulm; M. Hentschel, Rhede; U. Hermann, Bubesheim; H.-D. Hettstedt, Isernhagen; A. Heuser, Euskirchen; J. Hingsammer, Altdorf; J. Hochheim, Lutherstadt Eisleben; Chr. Hollenbeck, Mönchengladbach; H. Holz, Neuried; A. Huss, Stuttgart; D. Imrich, A-Wien; T. M. Jung, Eurasburg; M. Kaschke, Oberkochen; F. Kaul, Dittellbrunn; J. E. Keller, Ketsch; P. Kirsch, A-Linz; L. Kirschhock, Pommelsbrunn; M. Klein, Altdorf; F.-G. Knell, Hanau; H. Knopf, Baden-Baden; K.-M. Köppl, Krefeld; H. Krambeer, Wismar; M. Kretzler, Wilhelmsfeld; O. Kristiansen, NO-Tonsberg; B. Kuhn, Sulzbach/Main; G. Kunert, Chemnitz; O. G. Kunze, Marburg; S. Kurz, Altbach; H.-P. Lange, Massenhausen; W. Leh-

mann, Muldestausee; B. Leps, Berlin; R. Lüthmann, Allensbach; M. Lugger, A-Villach; G. Marmitt, Bensheim; M. Marthold, Schwabach; B. Matzas, Eching-Dietersheim; P. Matzik, Burscheid; F. Mayer, Ludwigsburg; Th. Meisner, Düsseldorf; R. Melcher, Bad Schönborn; G. Minich, Reppenstedt; K. Mischke, Gärtringen; M. Mook, Bochum; A. Moritz, Ehringshausen; F. Moser, Duisburg; K. Motl, Geretsried; A. Münch, Alteglofsheim; H. Münz, Aalen; M. Nagel, Mainz; J. Nendwich, A-Wien; Chr. Netzel, Aachen; Chr. Overhaus, Borken; G. Pannach, Braunschweig; Chr. Petersen, Drochtersen; G. Portisch, Bretten; R. Prager, A-Gänsersdorf; H. Prange, Netphen; H. Preisinger, Weihmichl/Edenland; B. Quednau, Langenberg; I. Raap, Königsbrunn; J. Rahm, Münster-Sarmsheim; A. Reinders, Ravensburg; H.-W. Richter, Dortmund; W. Rockenbach, Biebern; E. Rössler, Berlin; K. Rohe, Glonn; A. Sauerwald, Bottrop; F. Schechter, Berlin; F. Scherie, Ennepetal; J. Schermer, Berlin; R. H. Schertler, A-Braunau am Inn; M. Schiffer, Überlingen; A. Schirmer, Munster; B. Schmalfeldt, Aumühle; R.-G. Schmidt, Recklinghausen; J. Schnichels, Euskirchen; G. Scholz, Essingen; J. Schröder, Grevenbroich; E. Schroeder, Norderstedt; P. J. Schüngel, CH-Regensdorf ZH; S. Schuler, Püttlingen; T. Schulze, Freital; R. Schuster, Altenkunstadt; W. Schwab, Heidelberg; M. Senkel, Kirchseeon; U. Seydel, Niedergörsdorf; J. Späthe, Zittau; G. Spindler, Waldshut-Tiengen; R. Spurny, A-Wien; W. Stammberger, A-Ostermiething; E. Streeruwitz, A-Wien; A. Thiele, Aachen; W. Thimm, Zittau; G. Traupe, Lilienthal; F. Treisch, Würzburg; P. Vogt, Sörup; G. Wahl, Erolzheim; A. Wankerl, Maisach; H.-G. Wefels, Duisburg; S. Weidner, Fellbach; Chr. Weis, Scheidegg; K. Weisensee, Glauburg; B. Wichert, Neu-Wulmstorf; N. Würfl, Sulzbach; M. Ziegler, A-Wien; C. Zille, Georgenberg; Chr. Zorn, Korntal-Münchingen;

Insgesamt 160 Einsendungen, Fehlerquote: 0

Er war's im Juli:

Es war Oliver Heaviside (geboren am 18. Mai 1850 in London, gestorben am 3. Februar 1925 in Torquay). Heaviside entstammte ärmlichen Verhältnissen. Heavisides Mutter hielt die Familie mit einer Schule und später einer Art Hotelpension über Wasser, der Vater war Holzschneider, eine Kunst, die Ende des 19. Jahrhunderts durch das Aufkommen der Lithografie und anderer Methoden nicht mehr sehr gefragt war. Er war bekannt für seinen Jähzorn.

Heaviside, der bereits in der Kindheit durch eine Scharlacherkrankung schwerhörig geworden war, wuchs als Außenseiter auf. Gefördert durch Charles Wheatstone, den eine Schwester seiner Mutter geheiratet hatte, erhielt er 1868 einen Posten in der Dansk-Norsk-Engelske Telegraf Selskab. Im Jahr 1870 kehrte er nach England zurück, um vier Jahre lang für die Great Northern Telegraph Company zu arbeiten. Es sollten seine einzigen Jahre in Festanstellungen bleiben: Nach der Kündigung 1874 arbeitete Heaviside nur noch freiberuflich für Fachzeitschriften und schrieb einige Bücher über Elektrodynamik, sowie tau-

»Zum Nachdenken« im Web

Einige Tage vor der Auslieferung des gedruckten Heftes lässt sich unter www.sterne-und-weltraum.de/aktuell/ das aktuelle »Zum Nachdenken« als PDF finden. Ältere Fassungen: Menü → Archiv → Sterne und Weltraum → Jahrgang → Ausgabe.

Einsendungen

■ Lösungen werden als Brief, Fax (06221 528-377) und als PDF an die E-Mail-Adresse zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de akzeptiert. ■ Die Redaktion empfiehlt, Namen und Anschrift auf dem Lösungsblatt zu notieren. ■ Lösungen, die nach dem angegebenen Stichtag eintreffen, können leider nicht berücksichtigt werden.

Die 36. Runde

Mit dem Juni-Heft begann die neue Runde »Zum Nachdenken«. Sie endet mit der Ausgabe im Mai-Heft 2017. Löser mit mindestens neun richtigen Einsendungen nehmen an der Preisverlosung teil. Zu gewinnen sind wieder attraktive Hauptpreise (siehe rechts). Viel Spaß beim Nachdenken! AMQ

Hauptpreis der 36. Runde

Die Firma Hofheim Instruments hat erneut ihren **12-Zoll-Leichtbau-Reisedobson** im Wert von 2350 Euro als Preis ausgelobt. Das aufgebaute Teleskop besitzt eine Masse von zwölf Kilogramm. Es lässt sich für die Reise ganz leicht zerlegen und wieder aufbauen. Im Transportzustand füllt der leistungsstarke 12-Zoll-f/5-Newton in Gitterbauweise auf seiner klassischen Dobson-Montierung zwei handliche Trageboxen. Das Gerät ist stabil und solide aus Aluminium, Edelstahl und Birke-Multiplexholz gefertigt und kann für das bequeme Aufsuchen von Objekten am Nachthimmel auch mit drahtlosen, digitalen Teilkreisen ausgestattet werden. www.hofheiminstruments.com



2. Preis

Das BRESSER Messier AR-127L/1200 Hexafoc EXOS-2/EQ5 ist ein klassischer Fraunhofer-Refraktor mit dem Öffnungsverhältnis $f/9,4$. Mit dabei: Rohrschellen mit Tragegriff, Kamerahalterung, 1,25-Zoll-Zenitspiegel, 8×50-Sucher, Edelstahlrohr-Stativ. Gestiftet von Fa. Bresser GmbH, Rhede, Westfalen. www.bresser.de

Oliver Heaviside

sende Briefe, in denen er seine Theorien und Modelle mit Kollegen diskutierte, zum Teil mit sehr spitzer Feder.

Seine Mutter starb 1894, sein Vater 1896. Heaviside verbrachte seine Zeit daher zunächst in London, später in Paignton, wo der Bruder Mitinhaber einer florierenden Musikhandlung war und wohin die Eltern 1889 umzogen. Im Jahr 1897, nach dem Tod des Vaters, mietete Heaviside ein Haus in Newton Abbot.



Archiv für Kunst und Geschichte

Oliver Heaviside (1850–1925)

Schenkt man seinen Briefen Glauben, dann machte ihm dort die Dorfjugend mit ihren Streichen das Leben zur Hölle, während die örtliche Polizei den Klagen des »Eremiten« keinen Glauben schenkte; tatsächlich setzte schon damals vermutlich eine gewisse Paranoia ein, die sich mit dem Alter verstärkte. Dazu kam, dass Heaviside nicht fähig war, sein Leben selbst zu regeln. So vermittelte sein Bruder Charles ihm schließlich eine neue Bleibe, im Haus von Charles' Schwägerin Mary Way in Torquay, wohin Heaviside 1908 zog. Hier lebte er bis zu seinem Tod; Mary Way, die als Haushälterin fungiert hatte, verließ ihr Haus 1916.

Heaviside gilt als ein äußerst kreativer Mathematiker und einer der wichtigsten Theoretiker auf den Gebieten der Elektrizität, Telegrafie, Elektrodynamik und den Vorläufern der Relativitätstheorie. Er bemühte sich, die Vektorrechnung gegen die Anhänger der Hamiltonschen Quaternionen durchzusetzen; sein Operatorkalkül, in dem er mit mathematisch fragwürdigen Methoden den Ableitungsoperator zu verallgemeinern versuchte, brachte ihn jedoch wissenschaftlich in die Isolation. A.L.

Kreuzworträtsel

Lösung aus SuW 6/2016: Hipparcos

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

Gewinner aus Heft 6/2016

Gewinnspiel: Buch: »Hubble - Die schönsten Bilder aus dem All«: Gerd Marmitt, 64625 Bensheim. 242 richtige, 12 falsche Einsendungen. Lösung: 1b, 2b, 3c.

Wer war's?: Buch »Astronomie in Theorie und Praxis«: Friedhelm Mersch, 46240 Bottrop; Klaus Mischke, 71116 Gärtringen. 121 richtige, 1 falsche Einsendung.

Kreuzworträtsel: Das Newton-Spiegelteleskop von AstroMedia: Detlev Stellmacher, 30163 Hannover. 118 richtige, 1 falsche Einsendung.

Herzlichen Glückwunsch!