



Zum Nachdenken

Lösung zu »Kleinplanet (101955) Bennu«
aus SuW 2/2019

Aufgabe 1: Der Kleinplanet (101955) Bennu hat die mittlere Dichte $\rho_B = 1,26 \text{ g/cm}^3$ und eine Masse von $M_B = 7,8 \cdot 10^{10} \text{ kg}$. Die aus seinen spektralen Eigenschaften abgeleitete Materialdichte ist jedoch verschieden: $\rho_M = 2,13 \text{ g/cm}^3$. Die offensichtliche Porosität lässt sich aus den Volumina bestimmen, die sich bei der Masse von Bennu aus den unterschiedlichen Dichten ergibt. Bennu füllt das Volumen $V_B = M_B/\rho_B$ aus, und sein reines Gesteinsvolumen ist $V_M = M_B/\rho_M$. Mit dem Hohlraumvolumen $V_H = V_B - V_M$ folgt die gesuchte Porosität dann zu:

$$P_B = \frac{V_H}{V_B} = \frac{V_B - V_M}{V_B} = 1 - \frac{V_M}{V_B} = 1 - \frac{\rho_B}{\rho_M} = 0,409.$$

Der Hohlraumanteil am Gesamtvolumen des Asteroiden liegt also bei 41 Prozent.

Aufgabe 2: Bei seinem mittleren Durchmesser von $D_B = 492 \text{ m}$ hat Bennu den Radius $R_B = D_B/2 = 246 \text{ m}$. Seine Schwerkraft ist $F_B = G M_B m/R_B^2$, und die der Schwerebeschleunigung zugehörige Kraft ist $F_g = m g_B$. Mit $F_B = F_g$ folgt sofort die Schwerebeschleunigung an der Oberfläche des Kleinplaneten:

$$g_B = G \frac{M_B}{R_B^2} = 8,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2.$$

Dies entspricht $8,8 \mu\text{g}$, also knapp neun Millionstel der irdischen Schwerebeschleunigung ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) beziehungsweise $8,6 \text{ Milligal}$. Die ehemalige Einheit $\text{Gal} = 1 \text{ cm/s}^2$ ist nach Galileo Galilei benannt.

Aufgabe 3: In Anbetracht der in Aufgabe 2 ermittelten winzigen Schwerebeschleunigung auf Bennu stellt sich die Frage, wie nahe seine heutige Rotationsperiode an der kritischen (P_B) liegt, bei deren Unterschreiten die Zentrifugalkraft $F_Z = m \omega_B^2 R_B$ die Oberhand gewinnt und sich lose Gesteinsbrocken vom Äquator ablösen würden. Mit Hilfe des Ansatzes $F_B > F_Z$ lässt sich die Frage sogleich beantworten. Aus

ZUM NACHDENKEN

Die Aufgabe dieses Hefts finden Sie auf Seite 24.



$$G m \frac{M_B}{R_B^2} > m \omega_B^2 R_B$$

folgt $\omega_B^2 = \frac{2\pi}{P_B} < G \frac{M_B}{R_B^3}$ und daraus:

$$P_B > 2\pi \sqrt{\frac{R_B^3}{G M_B}} = 10\,625 \text{ s} = 2,95 \text{ h}.$$

Offenbar ist die Rotationsdauer von Bennu nicht allzuweit von der kritischen entfernt. Die kritische Tageslänge der Erde liegt bei 1,4 Stunden. AXEL M. QUETZ

Zum Nachdenken – Richtige Lösungen sandten ein:

Anette Anastasakis, Sandhausen; Elisabeth Arnold, Essenbach; Andrea Blomenhofer, Küps-Johannisthal; Ilse Blümel, Obertraubling; Brigitte Lindner, A-Wien; Eva Ponick, Lünen; Eva Spomer, Wetzlar; Katrin Stauch, Coswig; Sieglinde Übermayer, A-Weikendorf; Cornelia Wiberg, Werl; Margit Zink, Wendlingen; Astro-AG am Otto-Hahn-Gymnasium, Göttingen; W. Balzer, Hattlingen; H. Baudisch, A-Wien; G. Bauer, Farchant; M. Bauer, Wuppertal; O. Bechmann, Velpke; K. Beier, Reichling; I. Bischoff, Montenegro, Karlsruhe; W. Blendin, Hünfelden-Kirberg; A. Borchardt, Augsburg; A. Braig, Lappersdorf; A. Brandenberger, CH-Rorschacherberg; G. Breitkopf, Berlin; R. Burgmeier, Regensburg; S. Christlmeier, Aschau am Inn; R.-R. Conrad, Hannover; T. Cremer, Frankfurt; A. Dannhauer, Ilsenburg; H.-P. Distler, Henstedt-Ulzburg; J. Döblitz, Stuttgart; R. Egger, CH-Adetswil; H. Fischer, A-Frauenkirchen; M. Fischer, Emskirchen; P. Fischer, Falkenstein; N. Forbrig, Lichtenstein; G. Forster, Heidelberg; E. Franz, Kleinwallstadt; M. Geisel, Lörrach; H. Gers, Meschede; J. Glattkowski, Dielheim; H. Göbel, Lörrach; F. Götz, Gummersbach; M. Gottschalk, Konstanz; M. Grasshoff, Schongau; G. Grauf, Augsburg; K. Griebler, Gengenbach; J. Th. Grundmann, Bremen; A. Güth, Zell u. A.; R. Guse, Peine; F. Hänel, Freiberg; J. Haller, Leverkusen; W. Hauck, Hagen; J. Haun, Bochum; H. Hauser, Ulm; F. Heimerl, Gilching; H.-D. Hettstedt, Isernhagen; A. Heuser, Euskirchen; J. Hingsammer, Altdorf; L. Hitzky, L-Walferdange; J. Hochheim, Lutherstadt Eisleben; E. Hoffmeister, Bad Honnef; F. Hofmann, Hannover; Chr. Hollenbeck, Mönchengladbach; H. Holz, Neuried; C. Isenberg, Regensburg; T. M. Jung, Eurasburg; M. Kaschke, Oberkochen; F. Kaul, Dittellbrunn; J. E. Keller, Ketsch; P. Kirsch, A-Linz; L. Kirschhock, Pommelsbrunn; M. Klein, Altdorf; N. Klingler, CH-Oerlingen; F.-G. Knell, Hanau; H. Knopf, Baden-Baden; M. Kobusch, Wendeburg; A. Koch, Berg; K.-M. Köppl, Krefeld; H. Krambeer, Wismar; M. Kretzler, Wilhelmsfeld; G. Kunert, Chemnitz; N. Kunte, Wildeshausen; O. G. Kunze, Marburg; H.-P. Lange, Massenhausen; J. Lange, Hamm; B. Laschkewitz, Göttingen; W. Lehmann, Muldestausee; Chr. Le-

mier, Reutlingen; B. Leps, Berlin; R. Lühmann, Allensbach; B. Matzas, Eching-Dietersheim; P. Matzik, Burscheid; J. May, Köln; Th. Meisner, Immenstaad; R. Melcher, Bad Schönborn; G. Minich, Reppenstedt; F. Morherr, Dresden; A. Moritz, Ehringshausen; F. Moser, Duisburg; K. Motl, Geretsried; A. Münch, Alteglofsheim; Z. M. Nagel, Mainz; J. Nendwisch, A-Wien; Chr. Netzel, Aachen; L. Neumann, Halle; M. Noga, Walldorf; E. Nowotny, Konstanz; Chr. Overhaus, Borken; G. Pannach, Braunschweig; H. Pauthner, Großkrotzenburg; J. Penzinger, A-Taufkirchen an der Trattnach; Chr. Petersen, Drochtersen; G. Philipp, Jena; F. Pietsch, Schwülper; G. Portisch, Bretten; R. Prager, A-Gänsersdorf; H. Preisinger, Weihmichl/Edenland; E. Prescha, Göppingen; K. Prinz, Münzenberg; J. Rahm, Bingen; A. P. Rauch, Rosdorf; H. Reich, München; A. Reinders, Ravensburg; A. Richter, Leonberg-Höfingen; H.-W. Richter, Dortmund; W. Rockenbach, Biebern; K. Rohe, Glonn; A. Sauerwald, Bottrop; F. Schauer, Kirchzarten; F. Schechter, Berlin; F. Scherie, Ennepetal; R. H. Schertler, A-Braunau am Inn; M. Schiffer, Überlingen; A. Schirmer, Munster; Th. Schler, CH-Zürich; B. Schmalfeldt, Aumühle; P. Schmid, Pfingsttal; R.-G. Schmidt, Recklinghausen; J. Schnichels, Euskirchen; G. Scholz, Essingen; H.-J. Schreyer, Kehlbach; J. Schröder, Grevembroich; E. Schroeder, Norderstedt; P. J. Schüngel, CH-Regensdorf ZH; S. Schuler, Püttlingen; R. Schuster, Altenkunstadt; W. Schwab, Heidelberg; Th. Selmaier, Oberteuringen; M. Senkel, Kirchseeon; D. Siefert, Hameln; M. Sipahi, Hameln; O. Slawitzki, Nürnberg; R. Spurny, A-Wien; R. E. Stranzbach, Witten; E. Streueruwitz, A-Wien; S. Taube, Königsbrunn; A. Thiele, Aachen; G. Traupe, Lilienthal; R. Troppmann, Bamberg; G. Wahl, Erolzheim; A. Wankerl, Maisach; M. Watzdorf, München; H.-G. Wefels, Duisburg; S. Weidner, Fellbach; Chr. Weis, Scheidegg; K. Weisensee, Glauburg; B. Wichert, Neu-Wulmstorf; D. Wierse, Hamburg; L. Wiest, Walldorf; N. Würfl, Sulzbach; S. Ziegenhagen, Prerow; M. Ziegler, A-Wien; C. Zille, Georgenberg; Chr. Zorn, Korntal-Münchingen.

Insgesamt 175 Einsendungen

Er war's im März:

Es war der indische Mathematiker und Astronom Aryabhata, geboren im Jahr 476 n. Chr. vermutlich in Kusumapura, damals Hauptstadt des Gupta-Reichs (heute: Patna, Hauptstadt des indischen Bundesstaats Bihar), und gestorben im Jahr 550. Aryabhata war einer der wichtigsten Gelehrten im antiken Indien und ist nicht zu verwechseln mit dem gleichnamigen Mathematiker, der rund 400 Jahre später lebte. Deshalb wird er manchmal auch »Aryabhata der Erste« oder »Aryabhata der Ältere« genannt.

In seinem Hauptwerk, der nach ihm benannten »Aryabhatiya«, behandelte er in 118 Sanskrit-Versen mathematische und astronomische Inhalte. Für die Darstellung der Zahlen verwendete er einen eigenen Verschlüsselungscode (nicht ganz klar ist, warum). Der Gelehrte entwickelte Methoden, um Quadrat- und Kubikwurzeln zu ziehen, befasste sich mit arithmetischen Folgen und Fragen der ebenen und sphärischen Trigonometrie, wobei er die Kreiszahl π für die damalige Zeit sehr weit, auf drei Nachkommastellen, berechnete.

»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.

Beginn der 38. Runde

Mit dem Juni-Heft begann die neue Runde »Zum Nachdenken«. Sie endet mit der Ausgabe im Mai-Heft 2019. 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 38. Runde

Die Firma Hofheim Instruments mit Sitz in Diez an der Lahn hat erneut ihren **12-Zoll-Leichtbau-Reisedobson** im Wert von 2350 € als Preis ausgelobt. Das aufgebaute Teleskop besitzt eine Masse von lediglich zwölf Kilogramm. Es ist stabil und solide aus Aluminium, Edelstahl und Birke-Multiplexholz gefertigt und lässt sich für die Reise ganz leicht zerlegen. Im Transportzustand füllt der leistungsstarke 12-Zoll-f/5-Newton in Gitterbauweise auf seiner klassischen Dobson-Montierung zwei handliche Trageboxen. Der Gewinner erhält aus dem umfangreichen Zubehörprogramm zusätzlich einen Leuchtpunktsucher, einen 1,25-Zoll-Adapter sowie einen Laser-Kollimator. www.hofheiminstruments.com



2. Preis

Explore Scientific GmbH aus Rhede, Westfalen, stiftet die 92°-Okularserie mit 12 und 17 mm Brennweite im Wert von 878 €. Die 92°-Okulare bieten eine ausgezeichnete Randschärfe auch bei schnellen Optiken und ein riesiges Gesichtsfeld. Mit dem großzügigen Augenabstand von 20 und 22 mm lässt sich das gesamte Gesichtsfeld auch mit Brille problemlos überblicken. Abbildungsqualität, Kontrast, Beobachtungskomfort und Langlebigkeit suchen ihresgleichen und garantieren ermüdungsfreies Beobachten. Die Okulare sind wasserdicht versiegelt. Das garantiert viele Jahre ungetrübte Beobachtungsfreude. www.bresser.de



Aryabhata

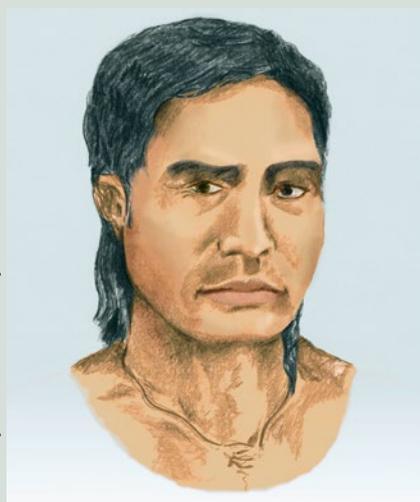
Sehr genau waren auch seine astronomischen Positions- und Umlaufberechnungen, er gab den Erdumfang und die Länge des Sternjahres mit recht geringen Fehlern an. Laut dem Gelehrten dreht sich die Erde im Lauf eines Tages um sich selbst, die übrigen bekannten sieben Planeten kreisen – und zwar elliptisch! – um die Er-

de. Der Astronom entwickelte ein eigenes Epizykel-Modell und berechnete den Zeitpunkt der so genannten »Großen Konjunktion«: Er ging davon aus, dass dabei von der Erde aus gesehen die sieben Planeten an demselben Punkt in der Himmelsekliptik stehen. Dies habe zuletzt im Jahr 3102 (vor Christus) stattgefunden, was zugleich den Beginn des letzten Zeitalters der hinduistischen Kosmologie markierte (Kali-Yuga).

Nicht eindeutig lässt sich die Geburtsstadt des antiken Astronomen zuordnen. Vermutlich war es Kusumapura, die damalige Hauptstadt des Gupta-Reichs. Hier studierte er, später lehrte er an der Universität, die wohl auch ein Observatorium besaß.

Neben der Aryabhata hat er mindestens noch ein weiteres Werk verfasst, von dem man durch Erwähnungen in anderen Quellen weiß (das so genannte Aryabhata-Siddhanta). Manchmal wird dem Gelehrten – fälschlicherweise – die Einführung der Null als eigenständige Zahl zugesprochen.

Über das private Leben des Astronomen im engeren Sinn ist heutzutage fast nichts mehr bekannt. Der erste Satellit, den Indien 1975 in die Erdumlaufbahn brachte, wurde nach ihm benannt. TINA HEIDBORN



Sheila Terry / Science Photo Library

Der Astronom und Mathematiker Aryabhata lebte vermutlich von 476 bis 550 n. Chr. im heutigen Indien.

Kreuzworträtsel

Lösung aus SuW 2/2019: Panorama

G	P	A									
W	I	R	T	A	N	E	N	L	B	T	
S	U	T	R	E	I	T	E	R			
O	M	E	N	S	A	A	L				
S	T	E	I	N	E	T	I	T	O		
R	M	S	U	M	E	R	B				
P	O	L	A	R	I	S	M	B	O		
A	P	U	S	L	A	P	R	I	L		
I	F	B	U	L	G	E	N	O			
W	E	T	T	E	R	B	A	L	L	O	N

Gewinner aus Heft 2/2019

Gewinnspiel: Kalender »Himmel und Erde«: Jürgen Bommarius, 65451 Kelsterbach. 247 richtige, 6 falsche Einsendungen. Lösung: 1a, 2b, 3b.

Wer war's?: Buch »Sternegucken für Dummies«: Reinhard Schmale, 42279 Wuppertal. 126 richtige, 2 falsche Einsendungen.

Kreuzworträtsel: Notizbuch Nobelpreis von Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH: Stefan Christlmeier, 84544 Aschau a. Inn. 166 richtige Einsendungen.

Herzlichen Glückwunsch!