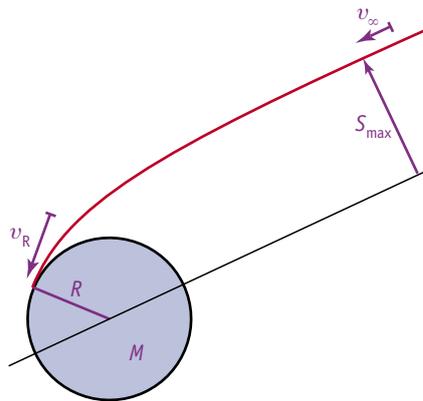


# Hill-Sphäre und Staub im jungen Sonnensystem

Das Verständnis, wie sich die Planeten im Sonnensystem gebildet haben, ist im Laufe der letzten Jahre erheblich gewachsen. Dazu beigetragen hat auch das Experiment CODAG, welches im Oktober 1998 an Bord des Space Shuttle DISCOVERY erfolgreich geflogen wurde (STS-95). Geplante Experimente an Bord der ISS sollen die Ergebnisse ausweiten und verfeinern – siehe dazu den Aufsatz von Jürgen Blum und Werner Holländer ab Seite 24 in diesem Heft.

Während der frühen Phasen der Planetenbildung wuchs die Masse der Planeten noch an, indem sie Gas und Staub aus ihrer Umgebung akkretierten. Im folgenden sollen ein paar Aspekte dieses Aufbaus betrachtet werden.

**Aufgabe 1:** Wenn sich ein Partikel der kleinen Masse  $m$  mit in weiter Ferne gemessener Differenzgeschwindigkeit  $v_\infty$  in Richtung Planet der weitaus größeren Masse  $M$  bewegt und von diesem gerade noch eingefangen werden kann, so darf der Impaktparameter  $S$  den Wert  $S_{\max}$  nicht überschreiten (Abb. 1). Mit Hilfe von Abb. 1 ermittle man den maximal möglichen Impaktparameter in Einheiten des Planetenradius  $R$ . **Hinweis:** In großer Entfernung vom Planeten besitzt das Partikel

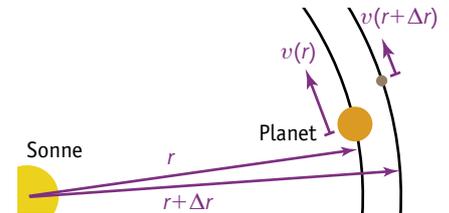


relativ zu diesem den Bahndrehimpuls  $L_\infty = v_\infty S_{\max}$ . Im Kollisionspunkt gilt  $L_R = v_R R$ . Es gilt natürlich der Drehimpulserhaltungssatz! Nutzt man nun noch den Energieerhaltungssatz (kinetische + potentielle Energie im Unendlichen = kin. + pot. Energie beim Einschlag), so folgt die gesuchte Beziehung  $S_{\max}/R = f(v_\infty)$ ; siehe auch SuW 1/1982, S. 48.

Betrachten wir nun den jungen Planeten auf seiner Bahn mit Bahnradius  $r$  um die Sonne. Wir wollen annehmen, dass er sich anfänglich inmitten des Staubes und Gases befindet, aus dem er sich staubsaugerartig Materie einverleibt und dabei an Masse gewinnt. Im Laufe der Zeit räumt

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

- ◀ Einfallgeometrie der Bahn eines Teilchens, das von einem Planeten gerade noch aufgesammelt wird.
- ◀ Kreisbahngeometrie des akkretierenden Planeten.



er die Zone, in der er die Sonne umrundet, immer weiter frei. Mit zunehmender Masse wächst die Einflussosphäre des Planeten weiter an, bis er schließlich alle Teilchen, die irgendwann jene Sphäre hinreichend langsam erreichen, aufgesammelt hat. Im Endstadium besitzt er schließlich seine heutige Masse  $M$ .

**Aufgabe 2:** Man ermittle den maximal möglichen Impaktparameter  $S_H$ , den ein Teilchen auf einer Nachbarkreisbahn mit Bahnradius  $r + \Delta r$  um die Sonne (Masse =  $M_\odot$ ) maximal besitzen kann, um gerade noch eingefangen zu werden. Man sieht sofort ein, dass dabei  $\Delta r = S_H$  gilt. **Hin-**

## Lösung der Aufgabe aus dem Dezember-Heft 2004

**Aufgabe 1:** Das antarktische Neutrinoleskop AMANDA kann offenbar Neutrinos aus einer Supernovaexplosion nachweisen. Solche Neutrinos besitzen Energien um etwa 20 MeV. Mit der Eisdichte  $\rho_{\text{Eis}} = 0.924 \text{ g/cm}^3$ , dem mittleren effektiven Nachweisvolumen eines PMT-Elements  $V_{\text{eff}} = 414 \text{ m}^3$ , der Masse des Kamiokande-Wassers  $M_{\text{Kam}} = 2140 \text{ Tonnen}$ , dem Korrekturfaktor  $k = 0.8$  bezüglich dessen Energieschwelle und der Distanz zur hypothetischen Supernova  $D_{\text{kpc}} = 8 \text{ kpc}$  folgt unter Nutzung der in der Aufgabenstellung angegebenen Formel die um  $k$  modifizierte Form der Gleichung:

$$N_{\text{p.e.}} \approx 11 \frac{\rho_{\text{Eis}} V_{\text{eff}}}{k M_{\text{Kam}}} \frac{52 \text{ kpc}}{D_{\text{kpc}}} = 104.$$

Je Photomultiplierelement können bei AMANDA von einer 8000 Parsec entfernten Supernovaexplosion – ein griffiger Wert für unser Milchstraßensystem – demnach etwa 104 Neutrinos beobachtet werden.

**Aufgabe 2: a)** Der aus Beschleunigerexperimenten stammende Wirkungsquerschnitt  $\sigma_{100}$  für 100-TeV-Neutrinos ergibt sich mit Hilfe der Gleichung

$$\sigma(vN) = 6.7 \cdot 10^{-39} \frac{E_v}{\text{GeV}} \frac{\text{cm}^2}{\text{Nukleon}}$$

zu:

$$\sigma_{100} = 6.7 \cdot 10^{-34} \frac{\text{cm}^2}{\text{Nukleon}}.$$

**b)** Mit  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ Nukleonen/g}$ , der Eisdicke  $d = 1 \text{ km}$ , der Messdauer  $t = 1 \text{ a} \approx \pi \cdot 10^7 \text{ Sekunden}$  (Fehler  $< 1\%$ ) und der effektiven Sammelfläche  $A_{\text{eff}} = 1 \text{ km}^2$  folgt die Wechselwirkungswahrscheinlichkeit  $w$  des galaktischen Neutrinoflusses oberhalb von 100 TeV mit Nukleonen zu:

$$w = N_A \sigma_{100} d \rho_{\text{Eis}} = 3.73 \cdot 10^{-5},$$

Die Zahl  $N$  der zu erwartenden Ereignisse ist dann:

$$\begin{aligned} N &= w A_{\text{eff}} t \\ &= N_A \sigma_{100} d \rho_{\text{Eis}} A_{\text{eff}} t \\ &= 234 \text{ pro Jahr.} \end{aligned}$$

Dieses Ergebnis prognostiziert den Nachweis von zwei Neutrinos des hochenergetischen Anteils des galaktischen Neutrinoflusses innerhalb von nur etwa drei Tagen. AMQ

### Literatur

[1] **Claus Grupen:** Astroteilchenphysik. Vieweg Verlag, Braunschweig, 2000.

### Richtige Lösungen sandten ein:

Barbara Gutowski, D-19057 Schwerin; Eva Ponick, D-38678 Clausthal-Zellerfeld; Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Katrin Stauch, D-01640 Coswig; M. Balduš, D-59519 Möhnesee; R. Bertram, D-26441 Jever; W. Blendin, D-65597 Hünfelden-Kirberg; A. Borchardt, D-86356 Neusäß/OT Steppach; G. Breitkopf, D-13156 Berlin; W. Christ, D-65824 Schwalbach; K. Clausecker, D-74219 Möckmühl; R.-R. Conrad, D-31275 Lehrte; A. Dannhauer, D-38871 Ilsenburg; J. Döblitz, D-70619 Stuttgart; A. M. Duffer, D-83334 Inzell; H. Duran, CH-5300 Turgi; E. Edler v. Malyevacz, D-70825 Korntal-Münchingen; H. Eggers, D-31311 Uetze; R. Fischer, D-50858 Köln; A. Forkl, D-73230 Kirchheim/Teck; G. Forster, D-69120 Heidelberg; M. Geisel, D-79540 Lörrach; J. Glattkowski, D-76571 Gaggenau; H. Göbel, D-79540 Lörrach; J. Th. Grundmann, D-52068 Aachen; A. Güth, D-73119 Zell u. A.; R. Guse, D-31228 Peine; A. Haag, D-63110 Rodgau; J. Haller, D-51379 Lever-

**weis:** Man bilde einfach die Differenz  $v_\infty = v(r) - v(r+\Delta r)$  und verwende das Ergebnis aus Aufgabe 1. Für den Fall, dass  $\Delta r \ll r$  gilt, ist folgende Approximation zulässig:  $r^{-1/2} - (r+\Delta r)^{-1/2} \approx \Delta r/r^{3/2}$ .  $v(r)$  folgt aus Zentrifugalkraft = Gravitationskraft. Der Einzugsbereich, charakterisiert durch  $S_H$ , hat ähnliche Ausmaße wie die Hill- bzw. Roche-Sphäre (SuW 12/2002, S. 39), deren Ableitung jedoch komplizierter gerät. George William Hill (1838–1914) war Mathematiker mit Spezialgebiet Himmelsmechanik in New York.

**Aufgabe 3:** In der schon betagten Arbeit [1] von Stuart J. Weidenschilling wurde die Dichteverteilung des frühen Sonnensystems untersucht. Unter gewissen Modellannahmen ist dort die nach außen hin abnehmende Flächendichte  $\sigma$  angegeben. Am Ort der Erde war demnach der Wert  $\sigma_E = 3200 \text{ g/cm}^3$  anzutreffen, am Ort des Jupiter 120 bis  $2400 \text{ g/cm}^3$ . Man ermittle, wieviel Masse die beiden Planeten jeweils erringen konnten, wenn sie sich ausschließlich und vollständig aus einer Zone um die Sonne bedienen konnten, die zwischen  $r - S_H$  und  $r + S_H$  liegt.

AXEL M. QUETZ

### Literatur

[1] **Stuart J. Weidenschilling:** The Distribution of Mass in the Planetary System and Solar Nebula. *Astrophysics and Space Science* **51**, 153-158 [1977].

kusen; D. Hauffe, D-60431 Frankfurt am Main; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; F. Hofmann, D-09456 Annaberg-Buchholz; H.-O. Hoppe, D-48455 Bad Bentheim; A. Huss, D-70599 Stuttgart; B. Hußl, A-4553 Schlierbach; Th. Inghoff, D-34355 Staufenberg; G. Junge, D-04600 Altenburg; H. Kamper, D-89520 Heidenheim; L. Kirschhock, D-92237 Sulzbach-Rosenberg; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; H. Kuchler, A-8960 Öblarn; M. Küng, CH-8050 Zürich; H.-P. Lange, D-85376 Massenhäuser; M. Leinweber, D-35435 Wettenberg; B. Leps, D-13507 Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Sinzing; R. Lühmann, D-78476 Allensbach; W. Mahl, D-71254 Ditzingen; P. Matzlik, D-51399 Burscheid; N. Mayer, D-12205 Berlin; M. Mendl, D-85567 Grafing b. München; K. Mischke, D-71116 Gärtringen; F. Moser, D-47167 Duisburg; K. Motl, D-82538 Geretsried; Chr. Netzel, D-52080 Aachen; J. Nußbaum, D-80689 München; Chr. Overhaus, D-46325 Borken; J.-F. Pittet, D-88677 Markdorf; G. Portisch, D-75015 Bretten; H. Prange, D-57250 Netphen; A. Schäfer, D-71711 Steinheim/Murr; F. Schauer, D-79199 Kirchzarten; N. Scherer, D-76137 Karlsruhe; J. Schermer, D-12687 Berlin; R. H. Schertler, A-5280 Braunau am Inn; M. Schiffer, D-88662 Überlingen; B. Schmalfeldt, D-21521 Aumühle; G. Scholz, D-73457 Essingen; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; R. Stahlbaum, D-38124 Braunschweig; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; P. Stoffer, CH-3507 Biglen; A. Trutschel-Stefan, D-83714 Miesbach; G. Wahl, D-88453 Erolzheim; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; A. Wendt, D-69488 Birkenau; B. Wichert, D-21629 Neu Wulmstorf; G. Woysch, D-70435 Stuttgart; A. Zeh-Marschke, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen.

Insgesamt 82 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.

## Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE

digitales Korrekturbild (kurz)	Gamma Andromedae	geplantes Shuttle der NASA (2. Wort)	2. sowjet. Kosmonaut	NGC 6302 (...-Nebel)	Asteroid, 5,55 Jahre Umlaufzeit	brasilian. Träger-rakete
6		mit den Augen beobachten			1	
Stern im Fuhrmann			Nadirs Gegenteil	Nachbarnsternbild von Indus (lat. Bez.)		5
elektron. Filmmaterial	Gamma Velorum			unfertiger Teleskopspiegel	amenik. Satelliten für Radioamateure	Linsenform
		Träger-rakete von SPERIT	russ. Forschungsstation i.d. Antarktis			
Nebel im Wassermann		3		Treibstoff für Ionentriebwerke	9	Sonnensatelliten-serie (bis 1975)
Teleskop a.d. gepl. Satelliten GLAST	Epsilon Tauri	Einheit der magnet. Flußdichte				Marsformation (... Vallis)
	8	Raumsondenmanöver (2. Wort)	Alpha Gruis (Al ...)	10		Kfz.-Kennzeichen f. Altentkirchen
		7		Fundort d. Himmels-scheibe		4
Arizona-Krater (Canyon-...-Krater)	chin. Wettersatelliten (Feng ...)			Sternkatalog für das Teleskop HUBBLE		römische Ziffer

Lösung des Kreuzworträtsels aus SuW 12/2004

T C D A A B  
R I V E R C U R I E  
T P A N R H O  
L A C C S U R G E S  
N S H A C K L N S  
W O L K E H B O D E  
X E A R R O W  
M I N T A K A L H A  
D A C H E D I S O N  
C H A R G E D R T



**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 den Meade Refraktor NG-60 im Wert von 99 € mit großzügigem Sortiment an Zubehörteilen. Alustativ, Zenitspiegel, Zuhörablage und Sucherfernrohr sind enthalten. Gestiftet von Meade Instruments Europe.

Das Lösungswort des Kreuzworträtsels in Heft 12/2004 lautet: **Planetarium**. Die glückliche Gewinnerin des Zoomspektivs Bresser Spektar (bei 89 richtigen Einsendungen) ist: **Birgit Dürr**, Schlegelweg 2, D-93351 Painten.

Viel Spaß beim Knobeln!

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](http://www.suw-online.de) als PDF finden. Ältere Fassungen → SuW-Archiv → 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 24. Runde

Mit der Aufgabe im Juni-Heft 2004 begann die 24. Runde *Zum Nachdenken*. Alle Löser mit wenigstens neun richtigen Einsendungen aus den zwölf bis Mai 2005 erscheinenden »Zum Nachdenken« werden bei der Verlosung im Sommer 2005 berücksichtigt. Zu gewinnen gibt es u.a. Freibos und als attraktiven Hauptpreis ein Meade DS-2070AT im Wert von 299 €, gestiftet von Fa. Meade Instruments Europe. Viel Spaß beim Nachdenken und viel Erfolg beim Lösen!

AMQ

### Hauptpreise

Einsteiger- und Reise-teleskop **Meade DS-2214 ATS** mit Stativ, Montierung und Auto-Computer Controller sowie Okularen. Öffnung: 114 mm, Brennweite: 1000 mm. Gestiftet von Meade Instruments Europe. [www.meade.de](http://www.meade.de)



Diascanner **Workscan 3600 pro** mit 3600 dpi Auflösung und Software (Photoshop Elements sowie Silverfast Ai 6.0), gestiftet von MediAx.



**Edelsteinglobus** mit 33 cm Durchmesser und ca. 8 kg Masse. Die hochglänzende Oberfläche mit präziser Verarbeitung besteht aus (Halb-) Edelsteinen wie Jade, Jaspis u.a. und bietet bemerkenswerte Farbspiele. Gestiftet von MediAx. [www.mediax.de](http://www.mediax.de)