

I.2.40

Astrophysik – Das Planetensystem

Crashtest mit einem Asteroiden – Die DART-Mission

Matthias Borchardt



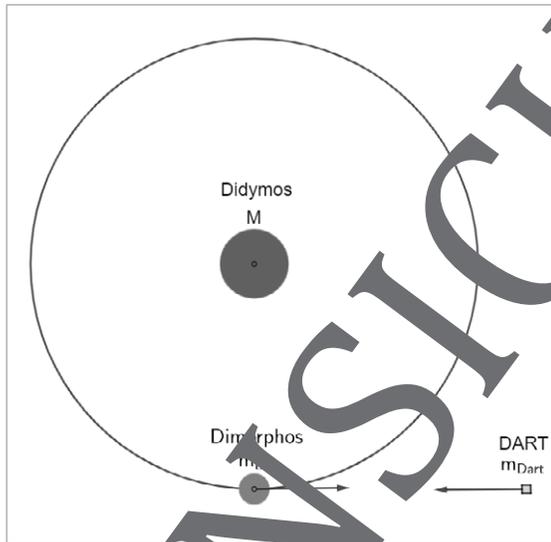
© RAABE 2024

© burradaki/istock/Getty Images Plus

Der ungebremste Aufprall der Raumsonde DART auf den Asteroiden-Mond Dimorphos im September 2022 soll zeigen, inwieweit sich die Bahn des Asteroiden durch eine solche Kollision verändern lässt. Für die Erforschung von Abwehrmöglichkeiten vermeintlich gefährlicher Asteroiden war dies eine sehr bedeutsame Mission der NASA. Dieses motivierende Unterrichtsmaterial ermöglicht Ihren Schülerinnen und Schülern, die Auswirkungen der DART-Kollision theoretisch wie auch anhand realer Messungen nachzuvollziehen und mithilfe der Gesetze der Kreisbewegung, der Impulserhaltung, dem Gravitationsgesetz und dem dritten Gesetz von Kepler eigenständig zu berechnen.



3. Ein Rechercheauftrag zur Begriffsklärung: **Erklären** Sie die Unterschiede zwischen einem **Asteroiden**, einem **Meteoroid** und einem **Kometen**.



Die Daten

- DART → Double Asteroid Redirection Test
- Mittlerer Radius des Zentralkörpers (Didymos): 380,50 m
- Mittlerer Radius des Mini-Mondes (Dimorphos): 75,50 m
- Geschätzte mittlere Dichte der beiden Asteroiden: $\rho = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Umlaufzeit des Mini-Mondes um Didymos vor der Kollision („pre-impact“): $T = 42$ Minuten (ca. 0,7 Stunden)
- Masse der Raumsonde DART beim Aufprall: $m_{\text{Dart}} = 579,4 \text{ kg}$
- Aufprallgeschwindigkeit: $v_{\text{Dart}} = 6145 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Der Doppel-Asteroid

M 2

Aufgaben

Die Massen

Wir nehmen an, dass Didymos und sein kleiner Satellit Dimorphos in etwa eine Kugelgestalt aufweisen. Somit lassen sich die Massen der beiden Körper mithilfe der Formeln für die Dichte $\rho = \frac{M}{V}$ und das Volumen einer Kugel $V = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3$ berechnen.

1. **Berechnen** Sie die Massen der beiden Asteroiden. Runden Sie auf drei Nachkommastellen.
2. Stellen Sie sich vor, ein Astronaut ($m = 100 \text{ kg}$) würde auf Didymos landen und sich dort auf eine Personenwaage stellen. **Berechnen** Sie, was die Waage dann anzeigen würde. Verwenden Sie das Gravitationsgesetz

$$F = \frac{M \cdot m}{R^2},$$

wobei R der Radius des Asteroiden ist.

Die Umlaufbahn

Wir können davon ausgehen, dass der kleine Asteroiden-Mond seinen Zentralkörper auf einer nahezu kreisförmigen Bahn umläuft. Der Radius dieses Orbits ergibt sich dann aus dem dritten Kepler'schen Gesetz:

$$r^3 = \frac{G \cdot (M+m)}{4\pi^2}$$

mit der Gravitationskonstante

$$G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}.$$

Die Bahngeschwindigkeit des Mondes auf seinem kreisförmigen Orbit erhalten Sie mithilfe der Formel $v_{\text{Dim}} = \frac{2\pi \cdot r}{T}$.

3. Stellen Sie das dritte Kepler'sche Gesetz nach r um und **berechnen** Sie den Radius der Umlaufbahn. Runden Sie auf zwei Nachkommastellen.
4. **Berechnen** Sie, mit welcher Geschwindigkeit der Asteroiden-Mond unterwegs ist. Geben Sie das Ergebnis auf fünf Stellen hinter dem Komma an.

M 3 Die Kollision in der Theorie

Die neue Geschwindigkeit

Wir nehmen zunächst vereinfachend an, dass der Zusammenstoß der Raumsonde mit dem Mini-Mond Dimorphos ein **zentraler, unelastischer Stoßprozess** ist. Das bedeutet, dass nach der Kollision beide Körper aneinanderhaften, die Geschwindigkeit des Mondes sich aber verringert hat. Diese neue Geschwindigkeit lässt sich mithilfe des **Impulserhaltungssatzes** berechnen:

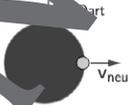
Vor dem Zusammenstoß:



Impulse:

$$p_1 = m_{\text{Dim}} \cdot v_{\text{Dim}} \quad p_2 = -m_{\text{Dart}} \cdot v_{\text{Dart}}$$

Nach dem Zusammenstoß:



Neuer Impuls:

$$(m_{\text{Dim}} + m_{\text{Dart}}) \cdot v_{\text{neu}}$$

Aufgaben

1. Aufgrund der **Impulserhaltung** gilt: $p_{\text{neu}} = p_1 + p_2$.

Leiten Sie mit Hilfe dieses Ansatzes **her**:

Die Geschwindigkeit des Asteroiden-Mondes Dimorphos ergibt sich aus:

$$v_{\text{neu}} = \frac{m_{\text{Dim}} \cdot v_{\text{Dim}} - m_{\text{Dart}} \cdot v_{\text{Dart}}}{m_{\text{Dim}} + m_{\text{Dart}}}$$

2. Die Anfallgeschwindigkeit der Raumsonde DART betrug $6145 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Berechnen Sie die neue Umlaufgeschwindigkeit und geben Sie die Geschwindigkeitsänderung Δv an, die sich aufgrund des unelastischen Stoßes ergibt. Geben Sie die Geschwindigkeitsänderung auch in Prozent bezüglich der ursprünglichen Geschwindigkeit an.

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

