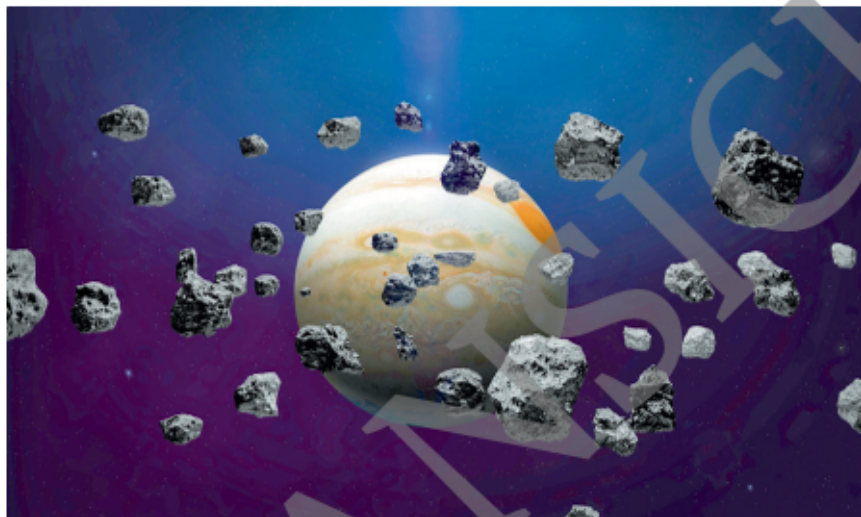


Anwendungen der Gravitation – Aufgabensammlung

Gerhard Deyke



© buradaki/iStock/Getty Images Plus

Mit dieser reichhaltigen Aufgabensammlung erhalten die Schülerinnen und Schüler einen tiefeschürfenden Einblick in die weitreichende Wirkung der Gravitation. Durch Anwendung grundlegender Gesetzmäßigkeiten und physikalischer Grundprinzipien lösen die Lernenden entsprechende Fragestellungen. Darüber hinaus erklären die Jugendlichen den Einfluss der Gravitation durch bekannte physikalische Modelle und Theorien anhand von Übungsaufgaben.

Anwendungen der Gravitation – Aufgabensammlung

Oberstufe

Gerhard Deyke

Hinweise	1
M1 Massenbestimmung von Himmelskörpern	2
M2 Gravitation und ihre Folgen	6
M3 Doppelsterne	13
M4 Extrasolarer Planet	19
Lösungen	20

Die Schülerinnen und Schüler lernen:

welche mathematischen Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um die Masse von Himmelskörpern zu bestimmen. Darüber hinaus erfahren sie, welche Folgen der Einfluss der Gravitation haben kann. Durch Einbeziehen des Kometeneinschlags von Shoemaker-Levy 9 auf dem Jupiter stellt hierfür ein entsprechender Kontext zur Verfügung, wodurch den Lernenden ermöglicht wird, einen Bezug herzustellen und ein entsprechendes Verständnis aufzubauen. Des Weiteren wird die Besonderheit von Doppelsternsystemen betrachtet, wobei innerhalb dieses Aufgabenkomplexes verschiedene Parameter im Detail beleuchtet und berechnet werden. Im vorliegenden Unterrichtsmaterial werden die Schülerinnen und Schüler wichtige Gesetzmäßigkeiten wie das Gravitationsgesetz oder die Keplerschen Gesetze benutzen. Darüber hinaus finden speziellere Gesetze, wie der Schwarzschild-Radius oder der Zusammenhang zwischen Radialkraft und Gravitationskraft, Anwendung.

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt

Thema	Material	Methode
Massenbestimmung von Himmelskörpern	M1	AB
Gravitation und ihre Folgen	M2	AB
Doppelsterne	M3	AB
Extrasolarer Planet	M4	AB

Kompetenzprofil:

Inhalt: Anwendungen des Gravitationsgesetzes und der Keplerschen Gesetze, Schwarzschild-Radius, Ausnutzung der Schwerpunktmechanik zur Berechnung von grundlegenden Größen, Bewegungen um eine virtuelle Masse, Massenbetrachtung in Doppelsternsystemen, Relativistischer Dopplereffekt

Medien: Taschenrechner

Kompetenzen: Erklären von Phänomenen unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien (S1), Erläutern von Gültigkeitsbereichen von Modellen und Theorien und Beschreiben von Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten (S2), Auswählen bereits bekannter geeigneter Modelle bzw. Theorien für die Lösung physikalischer Probleme (S3), Anwenden bekannter mathematischer Verfahren auf physikalische Sachverhalte (S7), Beurteilen der Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen (E3)


© RAABE 2023

Erklärung zu den Symbolen

 einfaches Niveau

 mittleres Niveau

 schwieriges Niveau

 Zusatzaufgaben

 Alternative

M1 Massenbestimmung von Himmelskörpern



Planeten, Sterne, Monde haben eines gemeinsam – alle diese Himmelskörper haben eine sehr große Masse. Doch woher sind die Massen dieser Himmelskörper bekannt, obwohl wir sie nicht mit einer Waage messen können?

Die Masse der Erde

Auf der Oberfläche der Erde hat jeder Körper eine bestimmte Masse m . Dabei wirkt auf ihn die Gewichtskraft F_G mit dem Ortsfaktor $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$. Die Masse eines Körpers kann aber auch über seine Gravitationskraft beschrieben werden, welche die Erde auf den Körper ausübt. Dadurch kann die Masse der Erde M_E bestimmt werden.

Aufgabe 1

Ermitteln Sie die Masse der Erde M_E . Nutzen Sie hierfür das Gravitationsgesetz als Ausgangspunkt.

Die Masse der Sonne

Für die Bestimmung der Masse der Sonne kann nicht auf die gleiche Weise vorgegangen werden wie bei der Bestimmung der Erdmasse. Der Grund dafür ist, dass die Fallbeschleunigung g der Sonne nicht bekannt ist. Von der Erde wissen wir, dass sie ein Planet der Sonne ist und diese auf einer fast kreisförmigen Bahn umrundet. (Die Ellipse der Erdbahn hat die numerische Exzentrizität $\epsilon = 0,017$.) Für eine Kreisbahn ist eine Radialkraft F_R erforderlich. Im Fall des Satelliten Erde wird sie von der Gravitationskraft der Sonne aufgebracht, welche diese auf die Erde ausübt. Mit dieser Idee lässt sich die Sonnenmasse bestimmen.

Aufgabe 2

Berechnen Sie mithilfe der gegebenen Informationen die Masse der Sonne M_S .

Die Masse des Mondes

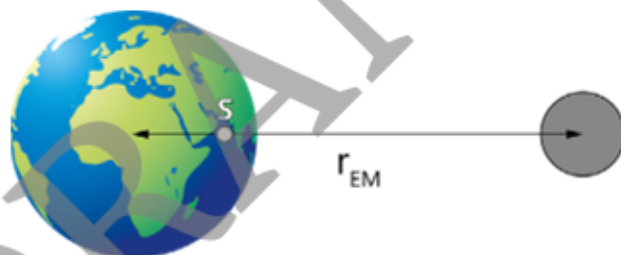
Würde der Mond einen „Kreisläufer“ besitzen, könnte analog zur obigen Betrachtung die Masse des Zentralkörpers Mond bestimmt werden. Da unser Mond jedoch keinen solchen Begleiter hat, kann das Modell des Doppelsterns genutzt werden, um die Masse des Mondes zu berechnen.

Erde und Mond kreisen um den gemeinsamen Schwerpunkt S. Mit Rücksicht auf das vermutete Massenverhältnis von Erde und Mond liegt dieser innerhalb der Erde, aber nicht in ihrem Mittelpunkt. Astrophysikalische Untersuchungen der Erdbahn ergaben, dass S ca. 1700 km unter der Erdoberfläche liegt. Die mittlere Entfernung Erde – Mond wird in Tafelwerken mit $r_{EM} = 3,84404 \cdot 10^8$ m angegeben. Für die Umlaufzeit des Mondes um die Erde T_M findet man $T_M = 2,36059 \cdot 10^6$ s.

Aufgabe 5

Berechnen Sie die Massensumme des Systems Erde – Mond und daraus die Masse M_M des Erdenmondes. Nutzen Sie dazu folgende Daten:

- Entfernung Erde-Mond $r_{EM} = 3,84404 \cdot 10^8$ m
- Mittlerer Erdradius $R_E = 6,371 \cdot 10^6$ m
- Umlaufzeit Mond $T_M = 2,36059 \cdot 10^6$ s
- Bahnradius Erde $r_E = 4,671 \cdot 10^6$ m
- Bahnradius Mond $r_M = 3,797 \cdot 10^7$ m



Skizze: Alexander Friedrich

Erde: © drmackoy/DigitalVision Vector (modifiziert)