

Aufgaben für die Woche vom 17.10-21.10.2011

Leistungskurs Physik 11

1. Das Gravitationsgesetz
Lesen Sie im Metzler Seite 81-86 und lösen Sie die Aufgabe Seite 82 Nummer 2.7 !
2. Astronomische Massebestimmung
Lesen Sie den Text des Arbeitsblattes und lösen Sie die Aufgabe.
3. Informieren Sie sich im Internet über geostationäre Satelliten.
Was versteht man darunter? Welche Aufgaben haben sie?
Lösen Sie anschließend die Aufgaben zu diesem Thema!

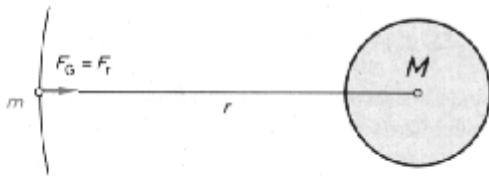
Astronomische Massebestimmung

Berechnen Sie die Masse der Erde aus folgenden Angaben:

- a) Mond: $r = 3,844 \cdot 10^5 \text{ km}$
 $T = 27,32166 \text{ d}$
 b) Satellit Nimbus: $T = 107,3 \text{ min}$
 $r = 7,475 \cdot 10^6 \text{ m}$

Vergleichen Sie die ermittelten Werte mit dem Tafelwerk und begründen Sie die Abweichungen!

„**Wiegen**“ von Himmelskörpern. Mit Hilfe des Gravitationsgesetzes läßt sich die Masse M eines Himmelskörpers bestimmen, wenn dieser einen natürlichen oder künstlichen Satelliten hat, dessen Umlaufzeit T und dessen mittlere Entfernung r von diesem Himmelskörper bekannt sind. Dazu werden die Bahnen solcher Satelliten vereinfachend als Kreise betrachtet (Bild 1).



Für eine solche „Wägung“ wählt man folgenden Ansatz:

Die Gravitationskraft $F_G = \gamma \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$ des Himmelskörpers auf seinen Satelliten entspricht der Radialkraft

$$F_r = 4\pi^2 \cdot \frac{m \cdot r}{T^2} \text{ für dessen Kreisbewegung.}$$

Daher gilt: $F_G = F_r$.

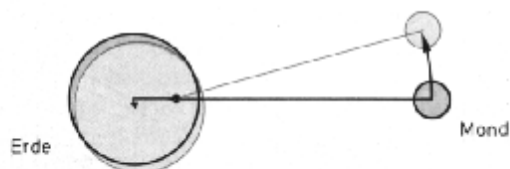
Durch Einsetzen der Gleichungen erhält man

$$\gamma \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = 4\pi^2 \cdot \frac{m \cdot r}{T^2}$$

Diese Gleichung wird nach der Masse M des Himmelskörpers aufgelöst: $M = \frac{4\pi^2}{\gamma} \cdot \frac{r^3}{T^2}$.

Hieraus kann man beispielsweise die Masse M_S der Sonne durch Einsetzen der mittleren Entfernung Erde – Sonne ($r = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$) und der Umlaufzeit der Erde um die Sonne ($T = 365 \text{ d } 6 \text{ h } 9 \text{ min } 10 \text{ s}$) berechnen. Man erhält $M_S = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

In entsprechender Weise lassen sich die Massen aller Himmelskörper bestimmen, die von einem natürlichen



Erde und Mond drehen sich beim Umlauf des Mondes um die Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt. Dieser liegt 0,733 Erdradien vom Mittelpunkt entfernt. Dabei durchlaufen alle Punkte der Erde gleich große Kreise.

oder künstlichen Satelliten begleitet werden. Dafür muß jedoch eine Bedingung erfüllt sein. Die Masse M des Himmelskörpers muß gegenüber der Masse m des Satelliten so groß sein, daß der gemeinsame Schwerpunkt beider Körper nahezu mit dem Mittelpunkt des Himmelskörpers übereinstimmt. Das ist zwar für die Bewegung der Erde um die Sonne erfüllt, nicht aber für die Bewegung des Mondes um die Erde (Bild 2). Daher kann man die Masse der Erde nicht aus der Umlaufdauer und der mittleren Entfernung des Mondes bestimmen. Anstelle des Mondes muß man die entsprechenden Daten eines künstlichen Satelliten nutzen.

Störungen von Planetenbahnen. Im Planetensystem der Sonne wirken Gravitationskräfte nicht nur zwischen der Sonne und den einzelnen Planeten, sondern auch zwischen den Planeten selbst. Wenn sich diese auf ihren Bahnen ausreichend nahe kommen, führen diese Gravitationskräfte zu kleinen, aber durchaus beobachtbaren Störungen der Bahnformen.

Bei jeder „Begegnung“ der großen Planeten Jupiter und Saturn stören sie gegenseitig ihre Bahnen. Da ihre Umlaufzeiten ein wiederkehrendes Verhältnis von 5 : 2 haben, schaukeln sich diese Störungen in einer Art Resonanz auf. Dies löste im 18. Jahrhundert heftige Diskussionen um die Stabilität unseres Sonnensystems aus. Durch diese Störungen eilt Jupiter seinen nach den Keplerschen Gesetzen berechneten Positionen stets voraus, während Saturn den vorausberechneten Positionen immer ein wenig hinterherläuft.

Entdeckung eines vorausberechneten Planeten. Im Jahre 1846 schloß der französische Astronom LEVERRIER aus den Abweichungen der wirklichen Bahn des Uranus von seiner ihm nach den Keplerschen Gesetzen zukommenden Bahn auf die Einwirkung eines bislang noch nicht bekannten Planeten. Er berechnete auch die Position, in der sich dieser Planet befinden sollte. Diese Daten teilte er dem Berliner Astronomen GALLE mit. Dieser fand den vorausgesagten Planeten Neptun an der vorausberechneten Position.

Gravitationsgesetz

1. Infolge der Erdrotation bewegen sich alle Punkte der Erdoberfläche auf Kreisbahnen um die Erdachse.
 - 1.1. Wie groß ist die Geschwindigkeit eines Punktes der Erdoberfläche am Äquator infolge der Erdrotation?
 - 1.2. Wie hängt die Geschwindigkeit von Punkten der Erdoberfläche von der geographischen Breite ab?

2. In Folgenden wird die Bewegung eines Körpers knapp über der Erdoberfläche betrachtet und der Luftwiderstand vernachlässigt.
 - 2.1. Mit welcher Mindestgeschwindigkeit müsste ein Körper parallel zur Erdoberfläche abgeschossen werden, damit er die Erde umkreist? Leiten Sie eine entsprechende Gleichung zur Berechnung her!
 - 2.2. Wie lange würde ein vollständiger Umlauf des Körpers um die Erde dauern?

3. Bei näherungsweise kreisförmiger Bewegung eines Satelliten um die Erde gilt für

seine Umlaufzeit die Gleichung:
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(r+h)^3}{\gamma m_E}}$$
 . (h bedeutet die Höhe über der Erdoberfläche) Leiten Sie diese Gleichung her!

4. Für die Versorgung mit zahlreichen Fernsehprogrammen werden geostationäre Nachrichten verwendet.
 - 4.1. Begründen Sie, warum die Bahn eines geostationären Satelliten nur in der Äquatorialebene liegen kann und warum die Höhe der Bahn über dem Äquator eindeutig bestimmt ist!
 - 4.2. In welcher Höhe über der Erdoberfläche muss sich ein solcher Satellit befinden? (Der mittlere Erdradius beträgt 6371 km.)

