

Übung 10

Gravitationsfeld

"Mondrechnung", Gravitationsgesetz, Die vier Grund-WW der Natur

Lernziele

- die "Mondrechnung" von Newton verstehen.
- das Gravitationsgesetz kennen, verstehen und anwenden können.
- wissen, dass die Gravitationskraft viel schwächer ist als die elektrostatische Kraft.
- für einfachere Phänomene aus der Natur und der Technik beurteilen können, welche der vier Grundwechselwirkungen der Natur für das Phänomen hauptsächlich verantwortlich ist.
- eine neue Problemstellung bearbeiten können.

Aufgaben

1. Führen Sie die "Mondrechnung" von Newton durch:

- Der Mond bewegt sich näherungsweise auf einer Kreisbahn mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um die Erde herum.
Bestimmen Sie die Beschleunigung a_M des Mondes.
- Ein Apfel falle vom Baum.
Bestimmen Sie die Beschleunigung a_A des Apfels.
- a_M und a_A seien die in a) und b) bestimmten Beschleunigungen.
 r_M und r_A seien die Abstände von Mond und Apfel zum Erdmittelpunkt.

Prüfen Sie nach, dass gilt:

$$\frac{a_A}{a_M} = \frac{\frac{1}{r_A^2}}{\frac{1}{r_M^2}}$$

Hinweise (astronomische Daten):

- Masse Erde $m_E = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
- Mittlerer Erdradius $r_E = 6.37 \cdot 10^6 \text{ m}$
- Masse Mond $m_M = 7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
- Mittlerer Abstand Erde-Mond $r_M = 3.84 \cdot 10^8 \text{ m}$
- Umlaufdauer Mond um Erde $T_M = 27 \text{ d } 7 \text{ h } 43 \text{ min } 12 \text{ s}$

2. Entfernt man einen Körper immer weiter von der Erdoberfläche, so nimmt die Gravitationskraft, die das Gravitationsfeld der Erde auf den Körper ausübt, ab.

Bestimmen Sie die Höhe h über der Erdoberfläche, in welcher die Gravitationskraft auf $x\%$ des Wertes auf der Erdoberfläche gesunken ist.

3. (Metzler: 85/1)

Bestimmen Sie den Betrag der Gravitationskraft, die das jeweilige Gravitationsfeld auf die beiden genannten Körper ausübt.

- Sonne ($m_S = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$) und Erde ($m_E = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$), deren mittlerer Abstand $d = 1.50 \cdot 10^9 \text{ m}$ beträgt.
- zwei Schiffe von je $100'000 \text{ t}$, die sich mit dem Schwerpunktsabstand von 200 m begegnen
- zwei Autos von je 900 kg , die im (Schwerpunkts-)Abstand von 5 m aneinander vorbeifahren
- zwei Studierende von je 70 kg , die im Abstand von 1 m zueinander sitzen
- zwei Wasserstoffatome ($m_H = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) im Abstand von 10^{-10} m

4. (Metzler 197/2)

Ein Wasserstoffatom besteht aus einem Proton und einem Elektron.

- Bestimmen Sie den Betrag der elektrostatischen Kraft, die das elektrische Feld des Protons auf das Elektron ausübt.
- Bestimmen Sie den Betrag der Gravitationskraft, die das Gravitationsfeld des Protons auf das Elektron ausübt.
- Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob das Verhältnis der in a) und b) bestimmten Kräfte vom Abstand zwischen Proton und Elektron abhängt oder nicht.

Hinweise:

- Abstand Proton-Elektron $d \approx 10^{-10} \text{ m}$
- Masse Proton $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Masse Elektron $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

5. (Metzler: 90/3)

Betrachten Sie das Gravitationsfeld, das durch die Massen von Erde und Mond verursacht wird.

Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob und allenfalls wo es Punkte in diesem Gravitationsfeld gibt, in welchen die Feldstärke den Betrag Null hat.

Hinweis:

- Astronomische Daten finden Sie bei der Aufgabe 1.

6. Beurteilen Sie, welche der vier Grund-Wechselwirkungen für das jeweilige Phänomen hauptsächlich verantwortlich ist:

	Gravitations- WW	Schwache WW	Elektromagn. WW	Starke WW
Bewegung der Planeten um die Sonne				
Explosion einer Dynamitladung				
Lawinenniedergang				
Natürliches Erdbeben				
Fata Morgana				
Ebbe und Flut				
Energiespeicherung im Stausee				
Schleuderndes Auto				
Violinspiel				
Gären von Traubensaft				
Elektronische Datenverarbeitung				
Tätigkeit des Gehirns				
Zellteilung, Pflanzenwachstum				
Kernspaltung				
Energieumsetzung auf der Sonne				

Lösungen

1. a) $a_M = \frac{4p^2 r_M}{T_M^2} = 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$

b) $a_A = g = 9.81 \text{ m/s}^2$

c) $\frac{a_A}{a_M} = \frac{\frac{1}{r_A^2}}{\frac{1}{r_M^2}} = 3.6 \cdot 10^3$

2. $h = \frac{\hat{E}_A}{\hat{E}_E} \sqrt{\frac{100}{x}} - 1 \cdot \hat{r}_E \quad (r_E = \text{mittlerer Erdradius})$

3. a) $F_G = 3.5 \cdot 10^{22} \text{ N}$

b) $F_G = 17 \text{ N}$

c) $F_G = 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

d) $F_G = 3.3 \cdot 10^{-7} \text{ N}$

e) $F_G = 1.9 \cdot 10^{-44} \text{ N}$

4. a) $F_{el} = 2.3 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

b) $F_G = 1.0 \cdot 10^{-47} \text{ N}$

c) $F_{el} \sim \frac{1}{r^2} \quad (r = \text{Abstand Proton-Elektron})$

$$F_G \sim \frac{1}{r^2}$$

fi $\frac{F_{el}}{F_G}$ unabhängig von r

5. Der einzige Punkt, in welchem die Feldstärke den Betrag Null hat, liegt auf der Verbindungslinie zwischen der Erde und dem Mond in einer Entfernung von $3.46 \cdot 10^8 \text{ m}$ von der Erde.

6. (siehe Seite 4)

6.

	Gravitations- WW	Schwache WW	Elektromagn. WW	Starke WW
Bewegung der Planeten um die Sonne	X			
Explosion einer Dynamitladung			X	
Lawinenniedergang	X			
Natürliches Erdbeben			X	
Fata Morgana			X	
Ebbe und Flut	X			
Energiespeicherung im Stausee	X			
Schleuderndes Auto			X	
Violinspiel			X	
Gären von Traubensaft			X	
Elektronische Datenverarbeitung			X	
Tätigkeit des Gehirns			X	
Zellteilung, Pflanzenwachstum			X	
Kernspaltung				X
Energieumsetzung auf der Sonne				X