Associazione per l'Insegnamento della Fisica

PROGETTO AIF OLIMPIADI

32ª Edizione

Olimpiadi di Fisica 2018

Landesolympiade

Dienstag, am 20.02.2018

Probleme

Zeit: 1 Stunde und 40 Minuten

- Schreibe klar deine Lösungswege an! Teillösungen werden auch gewertet!
- Schreibe auf **alle** Blätter, die du abgibst, **links** oben deinen Namen!
- Verwende für jedes Problem ein eigenes Blatt!
  Nummeriere die Blätter durch, und zwar **rechts** oben!
- Schreibe vor die Lösung der Probleme die Nummer, wie im folgenden Beispiel:
  $\boxed{\text{Problem 2}}$ Lösung:...
- Gib jeweils den Teil des Problems (1., 2., 3., ...) an, den du gerade beantwortest!

Wichtig für numerische Daten: Der relative Fehler der numerisch angegebenen Daten muss mit 0,1% angenommen werden, egal, wie viele Stellen vorgegeben sind, außer es wird explizit anders angegeben! Bei den in der Tabelle angegebenen Konstanten kann der Fehler hingegen vernachlässigt werden. Die daraus folgenden numerischen Ergebnisse müssen mit der entsprechenden Anzahl an signifikanten Stellen angegeben werden.

Ausarbeitung:

PROGETTO OLIMPIADI
Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica
e-mail: segreteria@olifis.it
WEB: www.olifis.it

Le Olimpiadi di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del
MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

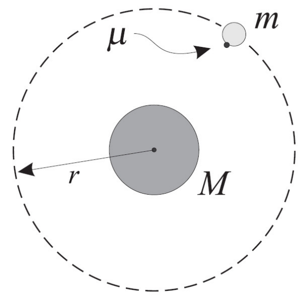
Übersetzung: Matthias Ratering und Klaus Überbacher, RG Meran

P1 Ein Staubkorn auf einem Satelliten — 22 Punkte

Ein Satellit hat einen Radius a und eine Masse m. Er rotiert auf einer kreisförmigen Bahn in einem Radius r um einen Planeten der Masse M. Sowohl den Planeten als auch den Satelliten nehmen wir als kugelförmig und homogen an.
Das Massenzentrum des Systems setzen wir mit dem Massenzentrum des Planeten gleich. Die Umlaufzeit um den Planeten und die Umlaufzeit um die eigene Achse sind beim Satelliten gleich. Damit zeigt beim Satellit immer die gleiche Seite zum Planeten (wie bei unserem Mond). Wir vernachlässigen beim gesamten Problem die Gravitation des Sternes, um den sich der Planet bewegt.

1. Berechne in Funktion von M und r die Winkelgeschwindigkeit, mit der sich der Satellit um den Planeten bewegt!

Wir betrachten einen kleinen Körper der Masse μ, der sich auf der Oberfläche des Satelliten befindet, und zwar an der Stelle, die am nächsten zum Planeten ist.



2. Berechne den Betrag N der Normalkraft, die die Oberfläche des Satelliten auf den Körper ausübt! Gib das Resultat in Funktion von μ, M, m, r und a an!

3. Welche Bedingung muss gelten, damit sich der Körper nicht von der Oberfläche des Satelliten löst?

Wenn der Satellit zu nahe beim Planeten wäre, dann würde der Körper nicht auf der Oberfläche des Satelliten bleiben können.

4. Berechne für $a/r \ll 1$ den kleinsten Wert des Abstandes r_0 vom Planeten, sodass der Körper sich nicht von der Oberfläche des Satelliten löst! Gib das Resultat in Funktion von M, m und a an!

Tipp: Für $|x| \ll 1$ gilt die Näherung $(1 \pm x)^\alpha \approx (1 \pm \alpha x)$ für alle α, auch für negative! Daher kann man das Binom $(r \pm a)^\alpha$ für $a \ll r$ annähern, wobei wir $r \pm a = r(1 \pm a/r)$ verwenden.

5. Wie groß ist der kleinste Abstand, in dem ein kleiner kugelförmiger Satellit mit einer Dichte von $(2,49 \pm 0,01) \cdot 10^3\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$ um die Erde kreisen kann, ohne dass sich ein Körper, der auf seiner Oberfläche im Punkt der kleinsten Entfernung zur Erde liegt, löst?

P2 Welle auf einem vertikalen Seil — 16 Punkte

Die Geschwindigkeit einer Transversalwelle auf einem gespannten Seil hängt von der Seilspannung F, der Dichte ρ des Materials und der Querschnittsfläche A in folgender Weise ab:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

1. Erarbeite diesen Ausdruck der Geschwindigkeit nur durch Dimensionsbetrachtung, wobei bekannt ist, dass der dimensionslose numerische Faktor den Wert 1 hat!

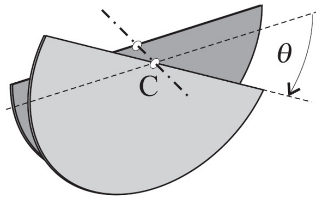
BEACHTE: Es genügt nicht einfach die Überprüfung der Einheiten in der angegebenen Formel! Zu zeigen ist, wie diese Gleichung gefunden werden kann!

Ein Seil, dessen Masse nicht vernachlässigbar ist, hat einen konstanten Querschnitt und wird vertikal zwischen zwei fixen Punkten an der Decke und am Boden befestigt. F_0 sei der Betrag der Seilspannung am unteren Ende.

2. Bestimme den Ausdruck für den Betrag der Seilspannung in Funktion der Höhe h! Dabei wird h vom untersten Punkt aus gemessen.
3. Bestimme den Ausdruck der Geschwindigkeit, mit der sich ein transversaler Impuls auf dem Seil ausbreitet, und zwar in Funktion der Höhe h und der Geschwindigkeit v_0 am unteren Ende des Seiles!
4. Berechne die Beschleunigung des Impulses und gib die Richtung der Beschleunigung an!

P3 Halbkreisförmiger Kondensator 22 Punkte

Wir betrachten einen Kondensator, der aus zwei zueinander parallelen, halbkreisförmigen Platten (Radius R) besteht, die einen Abstand $d = \eta R$ mit $\eta \ll 1$ haben. Dazwischen befindet sich Luft ($\epsilon_r \approx 1$).
Eine halbkreisförmige Platte ist fixiert, ihr Durchmesser ist waagrecht. Die andere hat eine Masse m und kann um einen Winkel θ um eine Achse rotieren, die senkrecht zur Fläche ist und durch den Mittelpunkt C des Kreises verläuft.
Da der Abstand d zwischen den beiden Platten sehr viel kleiner als ihr Radius R ist, kann man in guter Näherung annehmen, dass bei geladenem Kondensator das elektrische Feld nur in den Teilen ungleich 0 ist, wo sich die beiden Flächen gegenüberstehen, dass das Feld senkrecht zu den Flächen ist und dass es homogen ist.

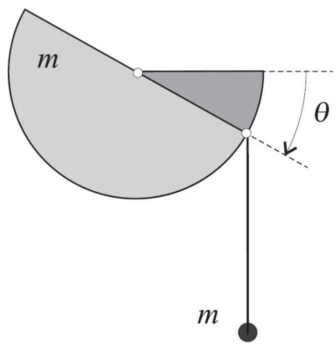


1. Berechne die Kapazität des Kondensators in Abhängigkeit vom Winkel θ, von R und von η!

2. Wie groß ist die elektrostatische Energie E_{el}, die im Kondensator gespeichert wird, wenn der Kondensator durch eine Spannung U_0 in der Position $\theta = 0$ geladen und anschließend vom Generator getrennt wird, und zwar in Abhängigkeit vom Winkel θ im Intervall $[-\pi/2; \pi/2]$? Skizziere den Graphen der Funktion $E_{el}(\theta)$!

3. Verwende das vorige Ergebnis um zu zeigen, warum der bewegliche Teil der Anordnung nur im Gleichgewicht bleiben kann, wenn $\theta = 0$ ist, und zwar sowohl im geladenen als auch im ungeladenen Fall!

Am beweglichen Teil wird ein dünner Faden befestigt, an dessen Ende eine Masse m (gleich der Masse des beweglichen Teils) hängt, wie die Darstellung zeigt.



4. Berechne den Winkel θ_0, wenn das System im ungeladenen Zustand im Gleichgewicht ist! Wir wissen dabei, dass sich der Schwerpunkt eines Halbkreises in einer Distanz $h = 4R/(3\pi)$ vom Zentrum des Kreises befindet.

5. Erkläre, warum beim geladenen Kondensator für den Gleichgewichtswinkel θ^* ein kleinerer Winkel als θ_0 der vorigen Aufgabe herauskommt!

6. Gegeben sind die folgenden Werte:

$$R = 25\,\text{cm}; \quad \eta = 0,004; \quad U_0 = 1500\,\text{V}; \quad m = 5\,\text{g}$$

Schätze θ^* ab, indem du die gesamte Energie des Systems ausgehend von θ_0 in Schritten von $1°$ berechnest!

■