Associazione per l'Insegnamento della Fisica

PROGETTO OLIMPIADI

33ª Edizione

Olimpiadi di Fisica 2019

Landesolympiade
21. Februar 2019

Probleme

Noch nicht umblättern!
Warte auf den Start!

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

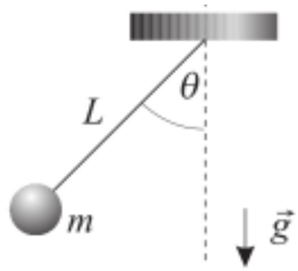
Le Olimpiadi di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

Übersetzung: Matthias Ratering und Klaus Überbacher, RG Meran, Johann Baldauf, RG Brixen

P1 Bewegtes Pendel 20 Punkte

Es wurde ein Zettel mit ein paar Notizen zu einem Experiment gefunden, das man im Labor durchführen kann. Es handelt sich dabei um eine Kugel mit der Masse m, die über einen Faden der Länge L an einer sich bewegenden Halterung hängt. Während sich die Halterung bewegt, ist der Faden gespannt und schließt mit der Vertikalen einen konstanten Winkel von $\theta = 45°$ ein. Auch die vertikale Ebene, die durch das Zeichenblatt dargestellt wird und in der sich der Faden befindet, bleibt während des Experiments unverändert.
Man vernachlässigt jegliche Reibung.



Zunächst ist die Bewegung des Systems in der vertikalen Ebene, die durch das Zeichenblatt dargestellt wird, geradlinig in horizontaler Richtung.

1. Erkläre, warum es sich dabei um eine beschleunigte Bewegung handeln muss und berechne den Wert der Beschleunigung sowie jenen der Spannkraft im Faden.

Nun gilt die Bedingung, dass die Bewegung horizontal ablaufen muss, nicht mehr. Die Bewegung findet aber immer noch in der vertikalen Ebene statt, die durch das Zeichenblatt dargestellt wird. Die Beschleunigung kann jetzt so gerichtet sein, dass sie mit der horizontalen, nach rechts gerichteten Achse einen Winkel α einschließt.

2. Bestimme die Spannkraft im Faden in Abhängigkeit des Winkels α und die Grenzen für diesen Winkel!

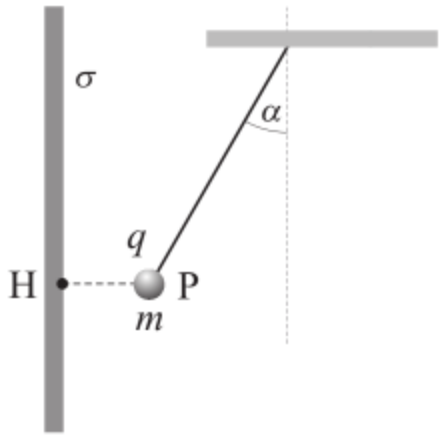
Von nun an möchte man herausfinden, ob Bewegungen in alle Richtungen im Raum möglich sind, wobei sich der Faden noch immer in der vertikalen Ebene, die durch das Zeichenblatt dargestellt wird, befindet und die selben Bedingungen wie oben gelten.

3. Erkläre für den speziellen Fall $\alpha = 0$, ob es nur aus den Informationen des Zettels mit den Notizen möglich ist, die Richtung und Orientierung der Geschwindigkeit zu bestimmen!

4. Zeige, dass allgemein die Bahn des Systems eine ebene Kurve mit einer Symmetrieachse ist. Zeige wie man jene Ebene bestimmen kann, welche Kurven möglich sind und wie jene Kurve und die entsprechende Symmetrieachse ausgerichtet sind.

P2 Ein Kügelchen hängt in einem elektrischen Feld — 18 Punkte

Eine ebene Fläche, die vertikal ausgerichtet ist und aus einem isolierenden Material besteht, ist elektrisch aufgeladen und besitzt eine konstante Flächenladungsdichte σ. Ein Kügelchen vom selben Material hat eine Masse $m = 0,25\,\mathrm{g}$ und eine Ladung $q = 10\,\mathrm{nC}$. Es ist an einem Faden, ebenfalls aus isolierendem Material, aufgehängt, der mit der Vertikalen einen Winkel $\alpha = 30°$ einschließt (siehe Abbildung). Das Kügelchen befindet sich im Punkt P im Abstand $d = 30\,\mathrm{cm}$ zur Platte. Die Platte ist sehr viel größer als d und das Kügelchen ist weit weg von den Rändern der Platte. Das System befindet sich im Gleichgewicht.



1. Bestimme die elektrische Feldstärke, die von der ebenen Platte im Punkt P erzeugt wird.

2. Berechne die Flächenladungsdichte σ.

Zum Zeitpunkt $t = 0$ reißt der Faden.

3. H sei die orthogonale Projektion von P auf die Platte. Bestimme, in welchem Abstand h zu H das Kügelchen die Platte trifft.

4. Mit welcher Geschwindigkeit trifft das Kügelchen auf die Platte?

P3 Wärmetransfer 22 Punkte

Ein Tauchsieder gibt eine Leistung von $P_0 = 150\,\mathrm{W}$ ab. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird er bei Normaldruck in einen Behälter mit einem Eis-Wasser-Gemisch getaucht. Das Gemisch hat anfänglich eine Temperatur von $0°\,\mathrm{C}$. Es sei m_0 die anfängliche Masse des Eises und M die gesamte Masse des Eis-Wasser-Gemisches.
Es wird ständig gerührt, sodass die Temperatur überall im Gemisch gleich groß ist.

> **ACHTUNG:** In dieser Problemstellung sind alle Temperaturen in $°\,\mathrm{C}$ ausgedrückt; sie sind mit einem großen T angegeben um sie von der Zeit (kleines t) zu unterscheiden. Bitte beachte dies bei der Angabe der Lösungen.

Anfänglich sollst du annehmen, dass das Gemisch mit dem Tauchsieder keine Wärme mit der äußeren Umgebung austauscht. Deshalb kann man zunächst sowohl die Wärmekapazität des Behälters als auch die Menge an verdampftem Wasser vor Erreichen des Siedepunktes vernachlässigen.

1. Bestimme in Abhängigkeit von P_0, M, m_0 und von notwendigen Konstanten den Zeitpunkt t_0, zu dem das Eis vollständig geschmolzen ist und die anschließende Temperaturänderung des Gemischs dT in der Zeit dt [(1)] . Skizziere qualitativ den Graphen der Temperatur T des Gemisches im Verlauf der Zeit t, beginnend mit dem Zeitpunkt $t = 0$ bis zum Sieden und trage in den Graphen die gefundenen Größen t_0, dT und dt ein.

Wenn hingegen Wärme mit der äußeren Umwelt ausgetauscht wird, so ist der Verlauf der Temperatur T des Gemisches in der Zeit t in der beigelegten Grafik zu sehen.
Man nehme an, dass der Wärmeverlust nach außen pro Zeiteinheit proportional zur Differenz der Temperatur des Gemisches und jener der äußeren Umgebung sei: $dQ/dt = \alpha(T - T_U)$, wobei T die Temperatur des Gemisches, T_U die Temperatur der Umgebung und α ein von der Temperatur unabhängiger Parameter sind. Man nehme an, dass die Temperatur der äußeren Umgebung konstant sei und den Wert $T_U = 0°\,\mathrm{C}$ habe, sodass die Gleichung vereinfacht werden kann: $\dfrac{dQ}{dt} = \alpha T$, wobei T immer in $°\,\mathrm{C}$ ausgedrückt ist.
Es werden noch immer sowohl die Wärmekapazität des Behälters als auch die Menge an verdampftem Wasser vor Erreichen des Siedepunktes vernachlässigt. Beantworte folgende Fragen, wobei du die notwendigen Daten dem Graphen $T(t)$ entnimmst!

2. Bestimme die anfängliche Masse m_0 des Eises im Gemisch.
3. Bestimme die gesamte Masse M des Gemisches.
4. Bestimme den Parameter α.
5. Bestimme die maximale Leistung P_{max} des Tauchsieders, sodass das Wasser den Siedepunkt nicht erreicht.
6. Die berechneten Werte der Massen und von α werden beibehalten.
   Bestimme den Zeitpunkt t^*, bei dem das Wasser zu sieden beginnen würde, wenn die abgegebene Leistung des Tauchsieders $P^* = 425\,\mathrm{W}$ betragen würde.

> NOTA BENE: Du kannst auf der beigelegten Grafik geometrische Konstruktionen machen, um Antworten auf die gestellten Fragen zu finden. Du musst also auch die beigelegte Grafik zusammen mit deinen anderen Lösungsblättern am Ende abgeben.

[(1)] Nachdem das Verhältnis $\Delta T/\Delta t$ normalerweise nicht konstant ist, erhält man den momentanen Wert, indem man immer kleinere Intervalle nimmt, die wir mit dT und dt bezeichnen. Analog dazu wird später dQ verwendet.