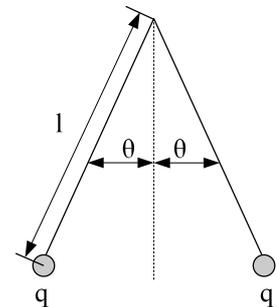


**1. Doppel-Elektroskop**

Die in der Skizze dargestellte Anordnung aus zwei metallischen Kugeln ist geeignet, elektrische Ladungen einfach und absolut zu messen. Die nebenstehende Skizze stellt zwei Pendel dar, die jeweils die gleiche Ladung  $q$  tragen und an jeweils einem Faden der Länge  $l$  beweglich aufgehängt sind.



a) Geben Sie die Beziehung zwischen  $q^2$  und  $\theta$  bei gegebener Pendellänge  $l$  und Pendelmasse  $m$  an.

b) Nähern Sie das Ergebnis für den Grenzfall kleiner  $\theta$ .

c) Skizzieren Sie  $q^2$  nach den Ergebnissen aus a) und b) als Funktion von  $\theta$  von 0 bis  $\pi/2$  mit  $l = 20$  cm,  $m = 5$  g ( $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12}$  AsV $^{-1}$ m $^{-1}$ ).

d) Berechnen Sie die Ladung  $q$  für  $\theta = 25^\circ$  und  $60^\circ$  nach den Ergebnissen aus a) und b).

*Hinweis:* Die Kugeln werden als punktförmig angenommen. Geben Sie Rechen-  
ergebnisse auf zwei Nachkommastellen an.

(2 Punkte)

**2. Bohrsches Atommodell**

Im Bohrschen Atommodell für das Wasserstoffatom umkreist ein Elektron (im Grundzustand) das Proton im Abstand  $a_0 = 0.53$  Å. Wie groß ist die Coulomb-Kraft zwischen Elektron und Proton? Um wieviel kleiner ist im Verhältnis dazu die Gravitationsanziehung zwischen beiden (Gravitationskonstante  $G = 6.673 \cdot 10^{-11}$  m $^3$ kg $^{-1}$ s $^{-2}$ )?

(2 Punkte)

**3. Potentielle Energie im Atomkern**

Die Wechselwirkung zweier Teilchen im Atomkern kann grob durch eine potentielle Energie der Form

$$V(\vec{r}) = -C \cdot \frac{e^{-\mu|\vec{r}|}}{|\vec{r}|}$$

beschrieben werden. Skizzieren Sie  $V(\vec{r})$ . Berechnen Sie die zugehörige Kraft  $\vec{F}(\vec{r})$  und vergleichen Sie ihre Form mit der Coulomb-Kraft. Erklären sie die anschauliche atomphysikalische Bedeutung des Parameters  $\mu$  im oben dargestellten Kernpotential?

(2 Punkte)

**4. Kupferatom und Kupfermünze**

a) Wie groß ist die Ladung eines Kupfer-Atomkerns?

b) Wie groß ist die Ladung einer neutralen Kupfermünze der Masse  $m = 3$  g?

c) Wie groß sind die Zahl und die Gesamtladung der Elektronen in dieser Münze ( $M_{Cu} = 63.546$  g/mol)?

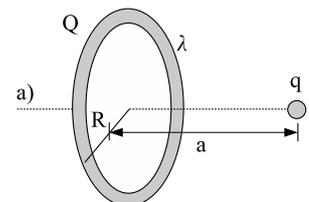
d) Wie lange dauert es, bis diese Anzahl von Elektronen aus c) durch eine 40 W Glühbirne geflossen ist, wenn diese an 220 V Gleichspannung angeschlossen ist?

e) Wenn alle Elektronen aus dem Kupferpfennig getrennt und auf eine vorher neutrale Rakete geladen würden: Wie hoch müsste diese steigen, damit sich der Münzenbesitzer ( $m = 80$  kg) nicht mehr am Boden festhalten müsste?

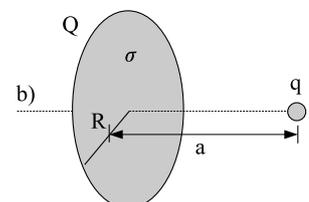
(2 Punkte)

**5. Kraft einer homogen geladenen Scheibe und eines homogen geladenen Kreisringes**

a) Berechnen Sie die Coulomb-Kraft, die ein homogen geladener Kreisring (mit vernachlässigbarer Dicke) mit dem Radius  $R$  und der Gesamtladung  $Q$  auf eine Ladung  $q$  auf der zentralen Achse im Abstand  $a$  vom Zentrum des Kreisrings ausübt.



b) Berechnen Sie die Coulomb-Kraft wie in a) für eine homogen geladene Kreisscheibe (mit vernachlässigbarer Dicke) mit dem Radius  $R$  und der Gesamtladung  $Q$ .



*Hinweis:* Berechnen Sie zuerst die Ring- bzw. Flächenladungsdichte  $\lambda$  respektive  $\sigma$ . Aus Symmetriegründen reduziert sich das Flächenintegral in beiden Fällen auf ein gewöhnliches Integral in einer Dimension. Teilaufgabe b) lässt sich unter Berücksichtigung des Ergebnisses aus Teilaufgabe a) stark vereinfachen.

(3 Punkte)