
Lösungen PhIT Übung 7

Prof. Dr. R.M. Füchslin, Dr. R. Luchsinger

Diese Übungen dienen dazu, Sie mit einigen Konzepten und Rechenmethoden der Physik vertraut zu machen. Sie machen diese Übungen für sich. Das bedeutet:

- Sie müssen keine Übungen abgeben.
- Sie können gerne in Gruppen arbeiten. Wir empfehlen das sogar.
- Wir machen keine Korrekturen, stellen aber Musterlösungen zur Verfügung. Der/die ÜbungsbetreuerIn ist Ihr Coach. Diese(r) wird Ihnen nach bestem Wissen Ihre Fragen beantworten. Die Fragen stellen müssen Sie aber selber.

Aufgaben

Aufgabe 1 Coulomb Kraft

Die mittlere Distanz r zwischen dem Elektron und dem Proton in einem Wasserstoffatom beträgt $5.3 \cdot 10^{-11} m$.

- Wie gross ist die mittlere elektrostatische Kraft zwischen den beiden Teilchen?
- Wie gross ist die mittlere Gravitationskraft zwischen den beiden Teilchen?
- Spielt die Gravitation auf der atomaren Ebene eine Rolle?

Aufgabe 2 Tintenstrahldrucker

In einem Tintenstrahldrucker werden kleine Tintentröpfchen elektrisch geladen und mit einer Anfangsgeschwindigkeit durch ein elektrisches Feld geschossen, wo diese abgelenkt werden. Ein Tropfen hat die Ladung $Q = -1.5 \cdot 10^{-13} C$, die Masse $m = 1.3 \cdot 10^{-10} kg$, die Geschwindigkeit $v_x = 18 m/s$ und das homogene E-Feld zeigt nach unten und beträgt $E_y = -1.4 \cdot 10^6 V/m$ und befindet sich zwischen zwei Platten der Länge $L = 1.6 cm$.

Aufgabe 1 Coulomb Kraft

Die mittlere Distanz r zwischen dem Elektron und dem Proton in einem Wasserstoffatom beträgt $5.3 \cdot 10^{-11} m$.

- Wie gross ist die mittlere elektrostatische Kraft zwischen den beiden Teilchen?
- Wie gross ist die mittlere Gravitationskraft zwischen den beiden Teilchen?
- Spielt die Gravitation auf der atomaren Ebene eine Rolle?

a)

$$\vec{F}_{EP} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|E \cdot P|}{r_{EP}^2} \cdot \vec{n}_{EP}$$
$$= 8.2 \cdot 10^{-12}$$

$$r_{EP} = 5.3 \cdot 10^{-11} m$$
$$\epsilon_0 = 8.859 \cdot 10^{-12}$$
$$\vec{n}_{EP} = \frac{\vec{r}_{EP}}{|\vec{r}_{EP}|}$$

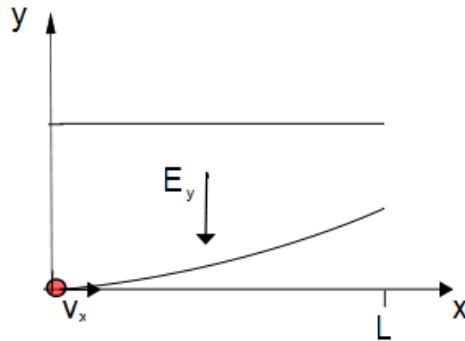


Figure 1

- Berechnen Sie die Distanz, um die der Tropfen am Ende der Platten in y-Richtung abgelenkt wurde.
- Wie ändert sich die Geschwindigkeit des Tropfens beim Durchgang durch das E-Feld?
- Berechnen Sie die Bewegung des Tropfens mit Berkeley Madonna.
Eine Lösung finden Sie unter Tintenstrahldrucker.mmd

Aufgabe 3 Millikan Versuch

Der amerikanische Physiker Robert A. Millikan hat 1910-1913 mit einem einfachen Versuch die elektrische Elementarladung e bestimmt. Dazu hat er kleine Öltröpfchen, die eine geringe elektrische Ladung aufwiesen, in dem elektrischen Feld eines Kondensators schweben lassen. Durch die Bestimmung des Radius des Tröpfchens und des elektrischen Feldes hat er festgestellt, dass die gemessene Ladung immer ein Vielfaches einer Elementarladung ist.

Der Öltropfen soll ein Radius $R = 2.76 \mu\text{m}$ haben. Die Ladung des Tröpfchens beträgt $3e$, wobei e die Elementarladung $1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ ist. Welchen Betrag und welche Richtung hat das elektrische Feld, das benötigt wird, um den Öltropfen in der Schweben zu halten? Die Dichte von Öl beträgt $\rho = 920 \text{ kg/m}^3$.

Aufgabe 4 Magnetische Kraft auf eine bewegte Ladung

Welche Kraft wirkt auf ein Teilchen mit Ladung $q = 2\text{C}$ (Einheit der Ladung ist Coulomb) und

Geschwindigkeit $\vec{v} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ in einem Magnetfeld $\vec{B} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{Tesla}$?

Aufgabe 2 Tintenstrahldrucker

In einem Tintenstrahldrucker werden kleine Tintentröpfchen elektrisch geladen und mit einer Anfangsgeschwindigkeit durch ein elektrisches Feld geschossen, wo diese abgelenkt werden. Ein Tropfen hat die Ladung $Q = -1.5 \cdot 10^{-13} C$, die Masse $m = 1.3 \cdot 10^{-10} kg$, die Geschwindigkeit $v_x = 18 m/s$ und das homogene E-Feld zeigt nach unten und beträgt $E_y = -1.4 \cdot 10^6 V/m$ und befindet sich zwischen zwei Platten der Länge $L = 1.6 cm$.

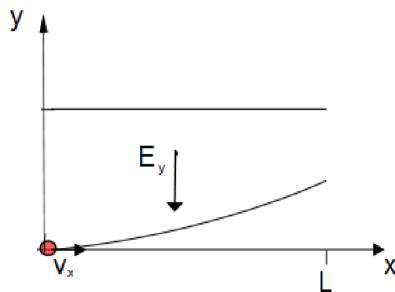


Figure 1

- Berechnen Sie die Distanz, um die der Tropfen am Ende der Platten in y-Richtung abgelenkt wurde.
- Wie ändert sich die Geschwindigkeit des Tropfens beim Durchgang durch das E-Feld?
- Berechnen Sie die Bewegung des Tropfens mit Berkeley Madonna.

Eine Lösung finden Sie unter Tintenstrahldrucker.mmd

$$Q = -1.5 \cdot 10^{-13} C$$

$$m = 1.3 \cdot 10^{-10} kg$$

$$v_x = 18 m/s$$

$$E_y = -1.4 \cdot 10^6 V/m$$

$$L = 1.6 cm = 0.016 m$$

$$a) \ddot{\vec{r}} = q \vec{E}(\vec{r}, t)$$

$$\ddot{\vec{r}} = \begin{pmatrix} 0 \\ QE_y \end{pmatrix}$$

Kleine Veränderung bei $x \rightarrow$ Geschw. bei x bleibt identisch
 $\Rightarrow \ddot{\vec{r}} = \ddot{a} \cdot n \rightarrow \ddot{a} = \frac{\ddot{\vec{r}}}{n} = \begin{pmatrix} 0 \\ QE_y \end{pmatrix}$

Durchflusszeit: $t_{fly} = \frac{L}{v_x}$

\rightarrow Eig. schiefer Wurf $y = \frac{1}{2} a_t t^2 = \frac{Q \cdot E_y \cdot L^2}{2 \cdot m \cdot v_x^2}$

$$= \frac{-1.5 \cdot 10^{-13} \cdot -1.4 \cdot 10^6 \cdot 0.016^2}{2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-10} \cdot 18^2}$$

$$= 6.38 \cdot 10^{-4} = 0.000638 m$$

$$= 0.00638 mm$$

$$= 0.0638 cm$$

$$= 0.638 mm$$

Aufgabe 5 Teilchen im Magnetfeld

Wir betrachten ein Teilchen in einem Magnetfeld. Das Magnetfeld steht vertikal (parallel zur z -

Achse) $\vec{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ Tesla , die Anfangsgeschwindigkeit des Teilchens verläuft in Richtung der y-Achse

$\vec{v}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \frac{m}{s}$. Bestimmen Sie mit Berkeley Madonna den Verlauf der Bewegung des Teilchens. Die

Masse des Teilchens sei $m = 0.001\text{kg}$ und seine Ladung $q = 0.01\text{C}$. Achtung: es geht in dieser Aufgabe nicht darum, die Ergebnisse zum Zyklotronradius aus der Vorlesung abzuschreiben. Vielmehr sollen sie mithilfe der Lorentzkraft die Bewegungsgleichungen des Teilchens aufschreiben und diese mit Berkeley Madonna lösen.

Aufgabe 6 Stromdurchflossene Schlaufe im Magnetfeld

In Fig. 1 sehen Sie eine Schlaufe, welche sich um die Zeitachse drehen kann, welche von einem Strom durchflossen ist und in einem homogenen, entlang der y-Achse ausgerichteten Magnetfeld steht. Die Schlaufe besteht aus vertikalen und horizontalen Drahtstücken.

- Geben Sie qualitativ an, welche Kräfte und Drehmomente auf die Schlaufe wirken. Beachten Sie: Das Drehmoment $\vec{D} = \vec{r} \times \vec{F}$ gibt Ihnen an, mit welchem „Hebel“ Sie etwas drehen. Sie müssten das Drehmoment für jedes Drahtstück berechnen. Da Sie in dieser Aufgabe nur qualitativ arbeiten müssen, überlegen Sie sich rein anschaulich, ob die Schlaufe bei $\theta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ weiter gedreht wird.
- Bei welchem Winkel θ muss die Stromrichtung geändert werden, damit eine kontinuierliche Drehbewegung erzeugt werden kann?

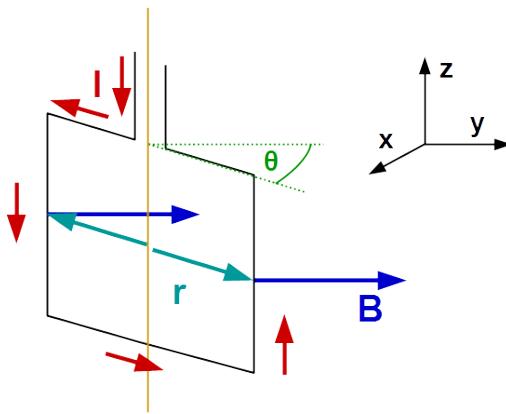


Fig. 1

Aufgabe 7 Schätzaufgabe

Die Erde bewegt sich einmal pro Jahr um die Sonne. Wenn wir die Sonne als ruhend betrachten, wie gross ist die kinetische Energie der Erde? Vernachlässigen Sie Effekte der Eigenrotation der Erde.

Zusatzaufgaben

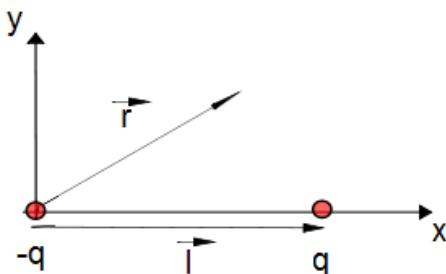
Aufgabe 8 Elektronvolt (eV)

In der Teilchenphysik wird als Energieeinheit oft das Elektronvolt benutzt. Es ist definiert als der Betrag, um welchen die kinetische Energie eines Elektrons zunimmt, wenn es eine Beschleunigungsspannung von 1 V durchläuft. Die Elementarladung beträgt $q = 1.6 \cdot 10^{-19} C$, die Masse des Elektrons beträgt $m = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$.

- Wieviele Joule beträgt 1 eV?
- Welche Geschwindigkeit hat ein Elektron, wenn es eine Beschleunigungsspannung von 1 V durchlaufen hat?

Aufgabe 9 Elektrischer Dipol

Ein elektrischer Dipol besteht aus zwei Ladungen $+q$ und $-q$, welche sich im Abstand l zueinander befinden.



- Berechnen Sie für einen Dipol das elektrische Feld.
- Berechnen Sie den Betrag und die Richtung des elektrischen Feldes in der Mitte zwischen den zwei Ladungen.

Aufgabe 10 Elektrisches Potential

Ein dünner, gerader Draht trage pro Längeneinheit die Ladung λ . Das elektrische Feld um den Draht nimmt mit dem Abstand r zum Draht ab:

$$E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \hat{r}$$

- Berechnen Sie analytisch die Spannungsdifferenz zwischen den Punkten r_1 und r_2 ($r_2 > r_1$).
- Berechnen Sie mit Berkeley Madonna die Spannung zwischen $r = 0.1$ m und $r = 1$ m mit $\lambda = 1$ C/m. Beachten Sie: Ein Berkeley – Madonna Topf bildet ein Integral!

DE m rhedes Proton word deur die elektriese spanning van 2V verskuif
Wie het Energie het dan Proton?

④ Energie $E = \text{Arbeit } \omega = \text{"Kraft"} \cdot \text{"Weg"} = \int \vec{F} \cdot d\vec{s}$

⑤ Kraft: $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$

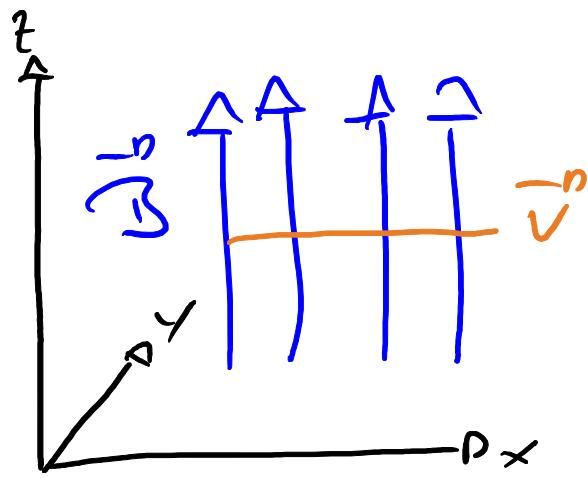
⑥ (Lorentz) Kraft: $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

⑦ Spanning: $U = E_d \cdot s$

$$\begin{aligned} E &= \vec{F} \cdot \vec{s} = q \cdot E_{el} \cdot s = q \cdot \frac{U}{s} \cdot s \\ &= q \cdot U = 1.6 \underbrace{e^{-19}}_{\cdot 10^{-19}} C \cdot 2V = \underline{\underline{3.2 e^{-19} J}} \end{aligned}$$

$$Q = 10^{-9} \text{ C} \quad v = 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad B = 1 \text{ T}$$

welche Kraft
entsteht?



$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = 10^{-9} \text{ C} \cdot \left(10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} 0 \\ -0.1 \text{ N} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow \text{Impuls } p = 1.6 \times 10^{-19} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$B = 5 \text{ T}$$

wie gross ist der Bahnradius r ?

→ Formelsammlung γ -Kernstrahl

$$\text{Impuls } p = m \cdot v$$

$$R = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B} = \frac{P}{Q \cdot B} = \frac{1.6 e^{-19}}{1.6 e^{-19} \cdot 5} \quad n = \underline{\underline{0.2 \text{ m}}}$$