Vorbemerkung

Dies ist ein abgegebener Übungszettel aus dem Modul physik211.

Dieser Übungszettel wurde nicht korrigiert. Es handelt sich lediglich um meine Abgabe und keine Musterlösung.

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physik211/ gefunden werden.

[disclaimer]

physik210 Übung 6

Gruppe 2
Tutor: Tobias Guttenberger

Martin Ueding
mu@uni-bonn.de

Christoph Hansen

11. Mai 2012

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Punkte	/ 8	/ 6	/ 5	/ 9	/ 4	/ 32

1 Elektron im elektrischen Feld

1a Geschwindigkeit nach Beschleunigung

Die kinetische Energie ist gerade die, die das Elektron durch die Beschleunigung erfahren hat:

$$\frac{1}{2}mv_x^2 = eU_B$$

Aufgelöst nach der Geschwindigkeit v erhalten wir:

$$v_x = 1.33 \cdot 10^7 \,\mathrm{m/s}$$

Dies ist noch klein genug, dass wir nicht relativistisch rechnen müssen.

1b Geschwindigkeit nach Plattenkondensator

Die Geschwindigkeit in x-Richtung ist nach Austritt aus dem Plattenkondensator genauso groß wie vorher, da das elektrische Feld des Kondensators keine Komponente in x-Richtung hat.

1c Ablenkung

Letztlich ist dies ein klassisches Problem, der schiefe Wurf im Schwerefeld. Nur ist das Schwerefeld hier das elektrische Feld des Kondensators.

Die Beschleunigung ist entsprechend:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{e}{m}E$$

Dabei ist $E = \frac{U}{d}$. Einsetzen liefert:

$$a = 4.65 \cdot 10^{14} \,\mathrm{m/s^2}$$

Aus der Mechanik kennen wir noch:

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

Dabei ist t gegeben durch $\frac{l}{v_x} = 9.27 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{s}$. Somit erhalten wir:

$$y = 0.02\,\mathrm{m}$$

1d Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit in y-Richtung ist gegeben durch:

$$v_y = at = 4.31 \cdot 10^6\,\mathrm{m/s^2}$$

2 Satz von Gauß

2a elektrisches Feld

Ich wähle einen Zylinder mit Radius r und Höhe h um die Ladungsschnur herum. Dabei ist die Ladungsschnur die Symmetrieachse des Zylinders. Aus der Symmetrie des Problems folgt direkt, dass kein Fluss durch die Enden des Zylinders gehen kann. Der Satz von Gauß sagt nun über die Zylinderfläche aus:

$$\oiint_A \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = \frac{h\lambda}{\epsilon_0}$$

Da das elektrische Feld aufgrund der Symmetrie überall senkrecht aus der Fläche kommt, ist das Flächenintegral einfach:

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

2b Potential

Für das Potential gilt:

$$\vec{\nabla}\Phi(r) = E(r)$$

Somit müssen wir das elektrische Feld integrieren:

$$\Phi(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{r}{R_0}\right)$$

Dies ist der gesuchte Ausdruck, für den auch $\Phi(R_0) = 0$ gilt.

3 Energie im Plattenkondensator

Die Energie im Kondensator ist:

$$W = \frac{1}{2}\epsilon_0 C U^2$$

Wobei die Spannung wiederum durch die Kapazität ausgedrückt werden kann:

$$U = \frac{Q}{C}$$

Daraus folgt:

$$W = \frac{1}{2}\epsilon_0 C \frac{Q^2}{C^2}$$
$$W = \frac{1}{2}\epsilon_0 \frac{Q^2}{C}$$

Die Kapazität ist beim Plattenkondensator:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Daraus folgt:

$$W = \frac{1}{2}\epsilon_0 \frac{Q^2 d}{A}$$

3a getrennt

Wenn er von der Spannungsquelle getrennt ist, bleibt die Ladung erhalten. Somit gilt:

$$W \propto d$$

Die Energie stammt aus der Arbeit gegen die Anziehungskraft des Kondensators.

3b nicht getrennt

Wenn die Spannungsquelle nicht getrennt wird, bleibt die Spannung erhalten. Somit gilt:

$$W \propto \frac{1}{d}$$

Die Energie stammt aus dem elektrischen Strom, der fließt.

4 Kondensator mit Dielektrikum

Die normale Kapazität dieses Kondensators ist:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8.8540 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{F}$$

Die Energie, die im Kondensator gespeichert ist, ist:

$$W = \frac{1}{2} C U^2$$

4a linke Hälfte

Dies ist letztlich eine Reihenschaltung von zwei Kondensatoren mit halbem Abstand, einem mit Dielektrikum und einem ohne. Die beiden Kapazitäten sind:

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{2A}{d} = 1.7708 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{F}$$

$$C_2 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{2A}{d} = 7.0832 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{F}$$

Zusammen also:

$$C = \left(C_1^{-1} + C_2^{-1}\right)^{-1} = 1.7664 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{F}$$

Damit ist die Energie bei $U = 1000\,\mathrm{V}$:

$$W = 8.8320 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{J}$$

4b obere Hälfte

Dies ist letztlich eine Parallelschaltung von zwei Kondensatoren mit halber Oberfläche, einem mit Dielektrikum und einem ohne. Die beiden Kapazitäten sind:

Zusammen also:

$$C = C_1 + C_2 = 1.8151 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{F}$$

Damit ist die Energie bei $U = 1000\,\mathrm{V}$:

$$W = 9.0755 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{J}$$

5 Driftgeschwindigkeit

5a Driftgeschwindigkeit

Das Volumen von 1 mm Draht ist:

$$V = \pi r^2 = \pi 810 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{mm}$$

Die Dichte von Kupfer ist $\rho = 8.92\,\mathrm{mg/mm^3}$. Die Masse von 1 mm Kabel ist:

$$m = \rho V = \pi 723 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{mg}$$

Die molare Masse von Kupfer ist $63.6\,\mathrm{g/mol}$. In einem Millimeter Kabel sind $2.14 \cdot 10^{20}$ Elektronen zur Verfügung. Dies sind 34.4 As. Bei $I = 17\,\mathrm{mA}$ ergibt sich eine Elektronengeschwindigkeit von $v = 4.94 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{mm/s}$.

5b sofortiges Leuchten

Das ganze ist wie bei einem Wasserschlauch oder eine Menschenkette. Es kommt nicht auf die Geschwindigkeit der einzelnen Teile an, um einen Strom zu generieren. Für die Lampe ist nur der Strom relevant, nicht die Geschwindigkeit *eines einzelnen* Elektrons durch den Draht.