Vorbemerkung

Dies ist ein korrigierter Übungszettel aus dem Modul physik211.

Dieser Übungszettel wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

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

[disclaimer]

physik210 Übung 8

Gruppe 2
Tutor: Tobias Guttenberger

Martin Ueding
mu@uni-bonn.de

Christoph Hansen
christophhansen@uni-bonn.de

4. Juni 2012

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Punkte	1 / 4	6 / 6	2 / 9	8 / 12	6 / 6	23 / 37

1 Elektrolyse

Die einzelnen Ionen sind maximal einmal geladen, tragen also nur eine Elektronenladung e. Wenn diese sich durch das elektrische Feld, das man angelegt hat, bewegen, dann ist die Arbeit:

$$W = eU$$

Diese Arbeit muss gerade der Bindungsenthalpie entsprechen. Ein Mol dieses Stoffes hat eine Bindungsenergie von:

$$W_{\text{Bindung}} = 5.8 \cdot 10^5 \, \text{J/mol}$$

Wenn man also ein Mol ionisieren möchte, dann braucht man folgende Energie:

$$W_{\text{Bindung}} = FU$$

Mit der Faradaykonstante von $F = 96485.3365 \, \text{C/mol}$, ergibt sich:

$$U = 6.0113 \, \text{V}$$

Man braucht also etwas mehr als 6 V, damit die Elektrolyse funktioniert. In der Vorlesung wurde der Versuch mit 10 V durchgeführt, dieses Ergebnis kommt also hin.

2 Galvanisationsbad

Es wird $t = 10 \, \text{h}$ lang ein Strom von $I = 0.4 \, \text{A}$ gehalten, es wird also folgende Ladung bewegt:

$$Q = It = 14400 \, \text{C}$$

Dabei trägt jedes Kupferion zwei Elementarladungen, somit ist die Anzahl der Kupferionen:

$$n = \frac{Q}{2F} = 0.074623 \, \text{mol}$$

Kupfer hat eine molare Masse von $64\,{}^{\mathrm{g}}/_{\mathrm{mol}}$. Somit ist werden $4.7759\,\mathrm{g}$ Kupfer bewegt. Bei der gegebenen Dichte sind das $5.3066 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m}^3$ Metall. Auf einer Fläche von $0.01\,\mathrm{m}^2$ ergibt dies eine Schichtdicke von $5.3066 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{m}$. ✓

3 Ionisation der Luft

3a mittlere Dichte

Im stationären Zustand entstehen gleich viele Teilchen wie sich rekombinieren. Es muss also gelten:

$$f_{\text{Erzeugung}} = \rho^2 k$$

Daraus folgt:

$$\rho = 10^9\,{}^{1}/_{\mathrm{m}^3}$$

✓ +6

3b Strom

Das Volumen, das vom Kondensator eingeschlossen wird, ist:

$$V = Ad = 2 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m}^3$$

Zusammen mit der Teilchendichte können wir errechnen, wie viele Paare sich innerhalb des Kondensators befinden. Dabei drücken wir dies als Teilchendichte pro Länge aus. Dies können wir später mit einer Geschwindigkeit zu einem Strom zusammenrechnen.

$$n = \rho A = 4 \cdot 10^7\,{}^{1}/_{\mathrm{m}}$$

Mit der Beweglichkeit $\mu = 6 \cdot 10^{-4}\,{}^{\mathrm{m}^2}/_{\mathrm{V \cdot s}}$ und dem elektrischen Feld $E = \frac{U}{d} = 0.2\,{}^{\mathrm{V}}/_{\mathrm{m}}$ erhalten wir eine Driftgeschwindigkeit von:

$$v_- = \mu E = 0.00012\,{}^{\mathrm{m}}/_{\mathrm{s}}$$

Die untere Schranke werden allerdings die positiven Ladungsträger darstellen, da ihre mittlere Driftgeschwindigkeit nur halb so groß ist:

$$v_+ = \frac{1}{2} v_- = 0.00006\,{}^{\mathrm{m}}/_{\mathrm{s}}$$

[illegible]

Daraus erhalten wir einen Strom von:

$$I = evn = 3.84522 \cdot 10^{-16}\,\mathrm{A}$$

f 0

3c Sättigung

Wenn man die Spannung so weit erhöht, dass die Teilchen gar keine Zeit mehr haben um wieder zu rekombinieren, erhalten wir mit der Erzeugungsrate pro Kubikmeter und dem Kondensatorvolumen:

$$\dot{n} = fV = 2 \cdot 10^5\,{}^{1}/_{\mathrm{s}}$$

+1

Dies multipliziert mit der Elektronenladung ergibt den Strom:

$$I_S = \dot{n}e = 3.20435 \cdot 10^{-15}\,\mathrm{A}$$

f

Wir können die Spannung also ungefähr um einen Faktor 8.33333 erhöhen, dann stellt sich die Sättigung ein. Danach werden alle Ionen direkt abgesaugt, und der Kondensator „wartet“, bis das nächste Ion erzeugt wird.

Vergl =2.

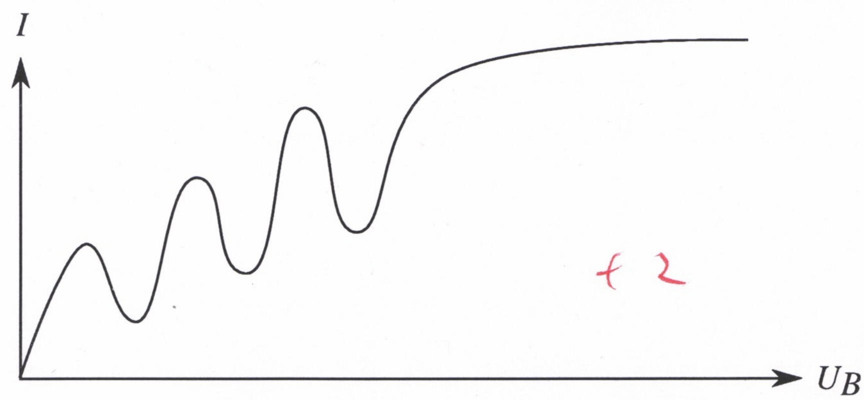

Abbildung 1: Stromverlauf im Frank-Hertz-Versuch

3d radioaktive Quelle

Wenn die Spannung wieder wie vorher ist, erhalten wir mit der vergrößerten Ionisationsrate (aber gleicher Rekombinationsrate) einen Strom von:

$$I_R = 3.20 \cdot 10^{-7}\,\text{A}$$

Als Sättigungsstrom erhalten wir nun:

$$I_{RS} = 6 \cdot 10^{-6}\,\text{A}$$

Diese liegen einen Faktor 83333.3 auseinander, dieser Faktor gilt auch für die Spannung.

4 Frank-Hertz-Versuch

4a Skizze

Es gibt keine scharfen Kanten an den Maxima, da die Elektronen beim Austritt aus der Kathode unterschiedliche Geschwindigkeiten haben und nicht alle Elektronen an einer dünnen Schicht gebremst werden können. Teilweise sind Atome schon angeregt und lassen ein Elektron passieren, dieses wird dann am nächsten freien Atom gestreut. +1

In Abbildung 1 ist der Anodenstrom gegen die Beschleunigungsspannung gezeigt.

4b Energieniveau

Wenn bei $U_B = 57.2\,\text{V}$ drei leuchtende Streifen entstehen, ist das vornehmlich angeregte Energieniveau bei $E_1 = 19.067\,\text{eV}$. (+1)

4c Bolzmann-Statistik

Wir setzen $T = 293\,\text{K}$ und $E_1 = 19.067\,\text{eV}$ ein und erhalten 10^{-328}. Bei $E_0 = 0$ erhalten wir 1. Dies bedeutet, dass letztlich kein Atom bei Raumtemperatur angeregt ist. (+1)

4d Wellenlänge

Gegeben sind die beiden Energiniveaus $E_0 = 0\,\text{eV}$ und $E_1 = 19.067\,\text{eV}$.

Daraus errechnen wir die Energiedifferenz:

$$\Delta E = 19.067\,\text{eV}$$

Daraus können wir die Frequenz des Lichtes bestimmen:

$$f = \frac{\Delta E}{h} = 2.87 \cdot 10^{15}\,\text{Hz}$$

+1

Die Wellenlänge lässt sich dann einfach über $\lambda = \frac{c}{f} = 104.5\,\text{nm}$ berechnen.

Dieses Licht kann man nicht sehen, da es sich im Ultraviolettbereich befindet.

4e Zwischenniveau

Das Problem beim Übergang $E_0 \to E_1$ ist, dass das ausgestrahlte Licht im UV-Bereich liegt und somit nicht für den Menschen sichtbar ist. Wenn es noch ein Energieniveau zwischen E_0 und E_1 gibt, dann kommt es zu Fluoreszenz mit:

$$E_0 \to E_2 \to E_1$$

+2

Dabei entspricht E_0 dem Zustand eines freien Elektrons.

Die Wellenlänge entspricht einer Energie von $E = h\frac{c}{\lambda} = 2.12\,\text{eV}$.

5 Elektronenstrahl im Magnetfeld

Die Elektronen werden auf eine bestimmte Geschwindigkeit gebracht:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = 1.10958 \cdot 10^7\,\text{m/s}$$

Dies noch klein genug, um nicht relativistisch rechnen zu müssen.

5a Feldstärke

Die Lorentzkraft wirkt jetzt als Zentripetalkraft, draus ergibt sich:

$$evB = m\frac{v^2}{r}$$

Daraus folgt:

$$B = 0.000841157\,\text{T}$$

= 84 mT

5b Winkelgeschwindigkeit

Die Winkelgeschwindigkeit ist:

$$\omega = \frac{v}{r} = 1.47944 \cdot 10^8\,\text{1/s}$$

5c mehr Spannung

Wenn der Elektron mehr beschleunigt wird, wird es natürlich schneller, und zwar:

$$v_2 = 1.32621 \cdot 10^7 \, \mathrm{m/s}$$

Damit wächst der Radius bei gleicher Feldstärke auf:

$$r_2 = 0.0896421 \, \mathrm{m}$$

Die Winkelgeschwindigkeit ist weiterhin:

$$\omega_2 = 1.47944 \cdot 10^8 \, \mathrm{1/s}$$

Dies liegt daran, dass Geschwindigkeit und Radius zueinander proportional sind, wenn die Feldstärke gleich bleibt. Die Larmorfrequenz hängt also nur von der Feldstärke und nicht von der Beschleunigungsspannung ab.