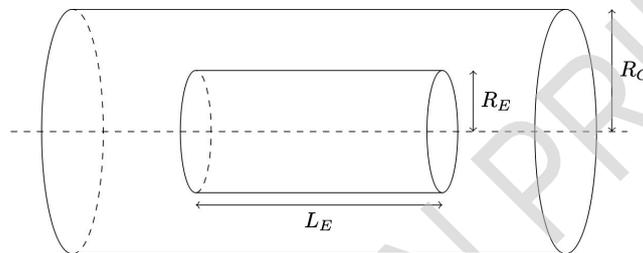


## Zylindrische Diode (8 Punkte)

### Versuchsaufbau und Aufgaben

Eine zylindrische Vakuumdiode besteht aus zwei konzentrischen Zylindern. Sie besteht aus einem Emitter mit dem Radius  $R_E$  und der Länge  $L_E$ , der Elektronen abgibt; diese Elektronen wandern durch ein Vakuum zum Kollektor, der einen Radius  $R_C$  hat und in seiner Wirksamkeit als unendlich lang angenommen werden kann. Der Kollektor liegt auf einem positiven Potential  $V$ , während der Emitter geerdet ist, so dass Elektronen vom Emitter zum Kollektor gezogen werden.



Der Emitter wird erhitzt, so dass immer ein Überschuss an Elektronen vorhanden ist, die durch die Potentialdifferenz zum Kollektor beschleunigt werden. Die Elektronen im Vakuum können als Plasma betrachtet werden. Aufgrund der Eigenschaften von Plasma gibt es einen maximalen Strom, der durch die Diode fließen kann, der vom Potential des Kollektors und der Geometrie des Aufbaus abhängt.

**Während dieses Experiments solltest du deine Messungen auf  $R_C \geq 5R_E$  beschränken.**

Ist  $L_E$  ausreichend groß im Vergleich zu  $R_C$ , kann der maximale Strom durch die Diode wie folgt angenommen werden:

$$I_\infty = GR_C^\alpha L_E^\beta V^\gamma, \quad (1)$$

wobei  $G = G(R_C/R_E)$  keine Konstante, sondern eine Funktion des dimensionslosen Verhältnisses  $R_C/R_E$  ist.

Ist  $L_E$  in vergleichbarer Länge zu  $R_C$ , muss der oben angeführte Ausdruck korrigiert werden; der maximale Strom ist dann gegeben durch:

$$I_L = I_\infty F(R_C, R_E, L_E, V), \quad (2)$$

wobei es sich bei  $F$  um eine dimensionslose Funktion handelt, die von einigen oder allen Größen  $R_C$ ,  $R_E$ ,  $L_E$ , and  $V$  abhängt. Gleichung (1) ist der Spezialfall von Gleichung (2) für  $F = 1$ .

In dieser Simulation kannst du den Zylinder mit einem Radius von 0,1 cm bis 20,0 cm in Schritten von 0,1 cm dimensionieren; die Zylinderlänge kann Werte im Bereich von 2,0 cm bis 100,0 cm in Schritten von 0,1 cm annehmen. Die simulierte Spannungsquelle liefert eine positive Spannung zum Kollektor zwischen 0 und 2000 Volt; ein Amperemeter kann die Stromstärke durch die Diode messen.

Es ist hilfreich die gesamte Aufgabenstellung vorab (schnell) durchzulesen um den Messvorgang effizienter zu gestalten.

### Software-Beschreibung der Simulation

Mit dem Simulationsprogramm **Exp2** können unendlich viele Messungen der maximalen Stromstärke  $I$  für unterschiedliche Eingabeparameter durchgeführt werden. Die Eingabeparameter sind: der Kollektorradius  $R_C$ , der Emitterradius  $R_E$ , die Emitterlänge  $L_E$  und die Potentialdifferenz zwischen Emitter und Kollektor  $V$ . Alle Werte der Eingabeparameter werden nach entsprechender Aufforderung durch die Tastatur eingegeben und durch die **Enter**-Taste bestätigt.

Zum Einstieg muss der folgende Authorization Key eingegeben werden.

Enter Valid Authorization Key: 12345678.888

Bei falscher Eingabe wird das Programm in den Test-Mode versetzt; ein Neustart ist erforderlich.

Ein typisches Interface eines einzelnen Simulations-Zyklus schaut wie folgt aus:

```

0.1 < R_C (cm) < 20.0 | R_C (cm): 18.5
0.1 < R_E (cm) < 20.0 | R_E (cm): 13.2
0.1 < L_E (cm) < 99.0 | L_E (cm): 35.3
1.0 < V_C (V) < 2000.0 | V_C (V): 207

I (A) = 1.04
=====
0.1 < R_C (cm) < 20.0 | R_C (cm):
  
```

Zuerst wird der Kollektorradius, danach der Emitterradius, dann die Emitterlänge - alle in cm - und zuletzt die Potentialdifferenz in Volt eingegeben. Jede Eingabe wird mit der **Enter**-Taste bestätigt.

Das Programm springt dann automatisch zur Abfrage des Kollektorradius zurück.

Sollte ein Wert außerhalb des zugelassenen Bereiches eingegeben werden, erfolgt die Fehlermeldung:

Value Out Of Bounds

und springt dann zur Eingabeaufforderung des falsch eingegebenen Wertes zurück.

Alle Längen werden auf mm genau übernommen, während die Spannung auf Volt genau übernommen wird. Die Eingabe eines genaueren Wertes verbessert das Messergebnis nicht. Die Simulation arbeitet jedoch mit einer Unsicherheit von 0,5 mm für Längen und 0,5 V für Spannungen. Dadurch können wiederholte Messungen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Das Amperemeter wählt den Messbereich automatisch. Es zeigt nur 3 signifikante Stellen und schaltet, so weit erforderlich, vom Ampere- in den Milliamperebereich um. Die Unsicherheit beträgt  $\pm \frac{1}{2}$  der letzten Stelle, die ungleich Null ist. Achte darauf, ob der Wert in A oder mA angegeben wird.

Wird der Messwert von 40 A im Amperemeter überschritten, brennt die Sicherung durch. Das Programm wird dich davon in Kenntnis setzen und das Amperemeter automatisch vor der nächsten Messung reparieren.

Das Programm kann jederzeit durch die Tastenkombination **Ctrl+C** beendet und neu gestartet werden.

**Teil A: Auffinden der Exponenten (4,5 Punkte)**

Finde die Exponenten in Gleichung (1) und gib den Fehlerbereich für jedes Ergebnis an:

**A.1** Ermittle ein Datenset, um den Exponenten  $\gamma$  der Variablen  $V$  zu ermitteln. Erstelle einen geeigneten Graphen im dafür zur Verfügung gestellten Bereich. Du hast die freie Wahl zwischen Papier mit linearer **oder** logarithmisch-logarithmischer Skalierung. Es ist jedoch nur 1 Graph erforderlich! Gib einen Wert für  $\gamma$  an und führe eine Unsicherheitsanalyse (Fehleranalyse) durch. 1.5pt

**A.2** Ermittle ein Datenset um den Exponenten  $\beta$  der Variablen  $L_E$  zu ermitteln. Erstelle einen geeigneten Graphen im dafür zur Verfügung gestellten Bereich; ein einzelner Graph ist ausreichend. Gib einen Wert für  $\beta$  an und führe eine Unsicherheitsanalyse (Fehleranalyse) durch. 1.5pt

**A.3** Ermittle ein Datenset, um den Exponenten  $\alpha$  der Variablen  $R_C$  zu ermitteln. Erstelle einen geeigneten Graphen im dafür zur Verfügung gestellten Bereich; ein einzelner Graph ist ausreichend. Gib einen Wert für  $\alpha$  an und führe eine Unsicherheitsanalyse (Fehleranalyse) durch. 1.5pt

**Teil B: Bestimmen des Koeffizienten G (1,0 Punkte)**

Bestimme die unbekannte Funktion  $G$  für  $R_C = 10R_E$ :

**B.1** Bestimme den Wert für  $G$  mit  $R_C = 10R_E$ . Du kannst dafür weitere Messungen durchführen auf vorhandene Daten zurückgreifen. Führe eine Unsicherheitsanalyse (Fehleranalyse) deines Resultats durch. 1.0pt

**Teil C: Bestimmen der dimensionslosen Funktion F (2,5 Punkte)**

Bestimme experimentell, welche der Größen  $R_C$ ,  $R_E$ ,  $L_E$  und  $V$  Einfluss auf  $F$  haben, wenn dabei  $L_E$  eine vergleichbare Länge zu  $R_C$  in Gleichung (2) hat.

**C.1** Halte in der Liste der Variablen im Antwortblatt fest, in welche Richtung sich der Effekt auswirkt; z.B.: Wird  $F$  größer, kleiner oder bleibt gleich, wenn  $R_C$  größer wird? 0.5pt

**C.2** Man kann beobachten, dass für  $L_E \approx R_C$  die Funktion  $F$  als lineare Funktion eines einzelnen Arguments  $x$  angeschrieben werden kann, wobei  $x$  eine Funktion von 2 der Größen  $R_C$ ,  $R_E$ ,  $L_E$ , und  $V$  ist. Das Antwortblatt zeigt mehrere mögliche Funktionen für  $x$ . Wähle jenen Funktion für  $x$ , die das Verhalten am signifikantesten widerspiegelt. 0.5pt



- C.3** Gehe von einer linearen Funktion  $F(x) = A + Bx$  für Werte von  $L_E \approx R_C$  aus und bestimme experimentell den Parameter  $B$ . Beschränke dich auf einen Bereich  $R_C/2 \leq L_E \leq 2R_C$ . Skizziere einen geeigneten Graphen für  $F$  als lineare Funktion von  $x$ . 1.5pt  
Eine Fehleranalyse ist nicht erforderlich.

DELEGATION PRINT