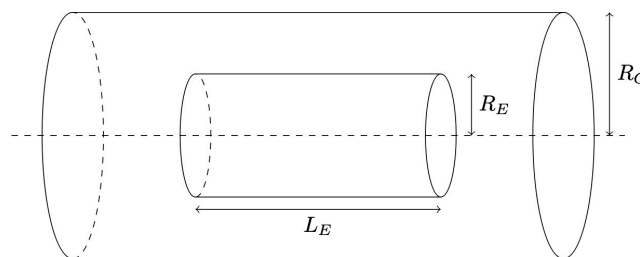


シリンダリカル（円筒型）ダイオード (8.0 pts)

実験のセットアップと課題

円筒型真空ダイオードは、同軸の円筒を2つ組み合わせたものである。半径 R_E 、長さ L_E のエミッタは電子を放出し、この電子は真空中を半径 R_C 、実効長無限大のコレクタへ移動する。コレクタは正電位 V であり、エミッタは接地されているので、電子はエミッタからコレクタに引き寄せられる。



エミッタは加熱されており、電位差によりコレクタに向かって加速される電子が常に十分に存在する。電子は真空をプラズマで満たす。プラズマの特性上、ダイオードに流せる最大電流が存在し、それはコレクタの電位とシステムの幾何学的な形状に依存している。

この問題を通して、測定は $R_C \geq 5R_E$ の範囲に限られるとすること。

L_E が R_C に比べて十分に大きいとき、ダイオードを通る最大電流は次のようになると仮定される。

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

ここで $G = G(R_C/R_E)$ は定数ではなく、無次元の比 R_C/R_E の関数である。

L_E が R_C と同程度の大きさの場合、上記の式に補正を加える必要があり、ダイオードを流れる最大電流は次の式で与えられる。

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

ここで、 F は、 R_C, R_E, L_E , 及び V の全てもしくは一部を変数とする無次元の関数である。式 (1) は、式 (2) で $F = 1$ とした特殊な場合である。

この実験では、0.1 cm から最大 20.0 cm まで 0.1 cm 刻みの半径の円筒を、1.0 cm から 99.0 cm まで 0.1 cm 刻みの長さで使用することができる。コレクタに 0~2000 V の正電圧を供給できる模擬電源と、ダイオードを流れる電流を測定できる電流計が用意されている。

効率的なデータ収集のために、作業を始める前にすべての課題に目を通しておくことを勧める。

シミュレーションソフトの説明

Exp2 と名付けられたこのシミュレーションプログラムでは、さまざまな入力パラメータ（コレクタ半径 R_C 、エミッタ半径 R_E と長さ L_E 、エミッタとコレクタ間の電位差 V ）に対して最大電流 I の測定を無制限に実行することができる。入力パラメータのすべての値は、対応するプロンプト（入力を促す記号）の後にキーボードを用いて入力し、**Enter** キーを押すことによって決定される。

測定を開始するには、認証キー（authorization key）の入力を促すプロンプトに対して、次の認証キーを用いよ。

Experiment



Q2-2

Japanese (Japan)

Enter Valid Authorization Key: 12345678.888

間違った値を入力すると、プログラムはテストモードに入るため、プログラムを再起動する必要がある。
プログラムのシミュレーションにおける1回のサイクルでの入力の様子は次のようになる。

```
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):
```

最初にコレクタの半径、次にエミッタの半径、その次にエミッタの長さを、それぞれ cm の単位で入力し、最後に電位差を V 単位で入力する。それぞれの入力は **Enter** キーで確定される。

その後、プログラムはコレクタの半径を尋ねる質問に戻り、繰り返しとなる。

実験の範囲外の値を入力すると、次のエラーメッセージが表示され、

Value Out Of Bounds

間違った値を入力したパラメータの入力を促すプロンプトへ戻る。

長さはすべてミリメートル単位、電圧はすべてボルト単位で記録されており、より細かい数値を入力しても測定値は改善されない。しかし、長さには 0.5 mm、電圧には 0.5 V の不確かさがあるため、繰り返し測定すると、異なる電流値の結果が得られる可能性がある。

電流計は、有効数字 3 桁のみを表示するオートレンジ式で、A スケールと mA スケールを適宜切り替えて表示する。不確かさは、最後に表示された桁の $\pm \frac{1}{2}$ である。mA と A、どちらの単位で表示されているかに注意すること。

電流計の定格電流 40 A を超えると、電流計は焼損する。プログラムはこれを通知し、次の測定のために電流計を自動的に修理する。

再起動するためにプログラムを終了する必要がある場合には、いつでも **Ctrl+C** を押すこと。

パート A: 指数の決定 (4.5 pts)

式 (1) の指数を不確かさの解析を示して決定せよ:

A.1	変数 V の指数 γ を見つけるために使用できるデータのセットを収集せよ。与えられたスペースに適切なグラフを描け；便宜上、線形グラフ用紙と両対数グラフ用紙の両方が用意されているが、描画する必要があるのは1つのグラフだけである。得られた指数 γ の値を示し、その値の不確かさの解析を示せ。	1.5pt
------------	---	-------

A.2	変数 L_E の指数 β を見つけるために使用できるデータのセットを収集せよ。与えられたスペースに適切なグラフを描け；ひとつのグラフで十分である。得られた指数 β の値を示し、その値の不確かさの解析を示せ。	1.5pt
------------	---	-------

- A.3** 変数 R_C の指数 α を見つけるために使用できるデータのセットを収集せよ。与えられたスペースに適切なグラフを描け；ひとつのグラフで十分である。得られた指数 α の値を示し、その値の不確かさの解析を示せ。 1.5pt

パート B: 係数 G の決定 (1.0 pts)

$R_C = 10R_E$ が成立するとして未知の関数 G を求めよ：

- B.1** 追加データを収集するか、すでに収集したデータを用いて、 $R_C = 10R_E$ の条件で、 G の値を決定せよ。また、その値の不確かさの解析を示せ。 1.0pt

パート C: 無次元関数 F の決定 (2.5 pts)

R_C, R_E, L_E, V のうちどれが関数 F に影響を与えるかを実験的に決めよ。ただし、式 (2) において L_E は R_C と同程度の大きさとしよ：

- C.1** 解答用紙の変数のリストで、影響の現れ方を説明せよ；例えば、 R_C が増加したとき、 F が増加するか、減少するか、それとも変わらないかを示せ。 0.5pt

- C.2** $L_E \approx R_C$ のとき、 F がひとつの変数 x の簡単な関数として記述されることが確認できる。ここで x は R_C, R_E, L_E, V の中の 2 つの変数の関数である。解答用紙にくつかの可能性がある関数 x の候補が示されている。 F の主な挙動を再現する関数をひとつ選べ。 0.5pt

- C.3** $L_E \approx R_C$ として $F(x) = A + Bx$ の形の線形関数を仮定し、実験的にパラメータ B を決定せよ。ただし、範囲は $R_C/2 \leq L_E \leq 2R_C$ に制限する。 F を線形関数と近似できる適切な x の値における F の適切なグラフを描け。不確かさの解析は不要である。 1.5pt