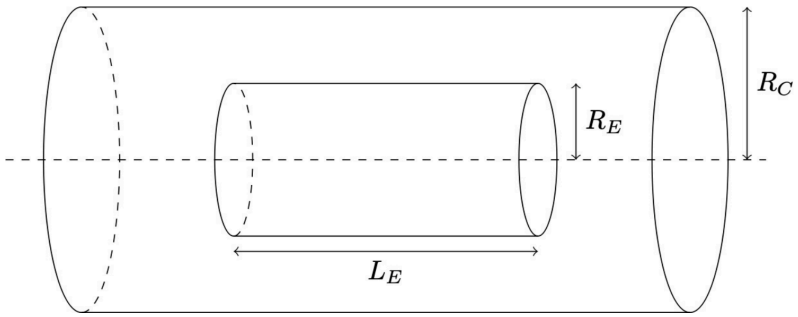
원통형 다이오드 (8.0점)

원통형 진공 다이오드는 축이 같은 두 원통으로 이루어진다. 반지름 R_E, 길이 L_E 인 이미터가 전자를 내놓고, 이 전자들은 진공을 지나 반지름 R_C 이고 실효적으로 길이가 무한한 컬렉터로 이동한다. 컬렉터는 양의 전위 V 에 있고 이미터는 접지되어 있으므로, 전자는 이미터에서 컬렉터로 끌려간다.



이미터는 가열되어 있어 전위차를 따라 가속될 수 있는 전자가 언제나 남아돌게 공급된다. 이 전자들이 진공을 플라스마로 채운다. 플라스마의 성질 때문에 다이오드에 흐를 수 있는 전류에는 최댓값이 있으며, 이 값은 컬렉터의 전위와 계의 기하학적 구조에 의존한다.

이 실험 내내 측정은 $R_C \geq 5R_E$ 범위로 제한해야 한다.

L_E 가 R_C 에 비해 충분히 클 때 다이오드를 흐르는 최대 전류는 다음과 같다고 가정한다.

$$I_\infty = G{R_C}^\alpha {L_E}^\beta V^\gamma \tag{1}$$

여기서 $G = G(R_C/R_E)$ 는 상수가 아니라 무차원 비 R_C/R_E 의 함수이다.

L_E 가 R_C 와 비슷한 크기일 때에는 위 표현에 보정이 필요하며, 다이오드를 흐르는 최대 전류는 다음과 같이 주어진다.

$$I_L = I_\infty F(R_C, R_E, L_E, V) \tag{2}$$

여기서 F 는 R_C, R_E, L_E, V 의 일부 또는 전부에 대한 무차원 함수이다. 식 (1)은 $F = 1$ 인 경우의 식 (2)의 특수한 경우이다.

이 실험에서는 반지름이 0.1 cm에서 최대 20.0 cm까지 0.1 cm 간격인 임의의 원통을 모의로 쓸 수 있다. 원통의 길이는 1.0 cm에서 99.0 cm 사이에서 역시 0.1 cm 간격으로 고를 수 있다. 컬렉터에 0에서 2000 V 사이의 양의 전압을 걸어 주는 모의 전원 장치가 있고, 다이오드를 흐르는 전류를 잴 수 있는 전류계가 있다.

자료 수집을 더 효율적으로 계획할 수 있도록, 시작하기 전에 모든 과제를 빠르게 훑어보기를 권한다.

모의실험 프로그램 설명

Exp2라는 이름의 모의실험 프로그램을 쓰면, 컬렉터 반지름 R_C, 이미터 반지름 R_E 와 길이 L_E, 그리고 이미터와 컬렉터 사이의 전위차 V 라는 입력 변수들의 여러 조합에 대해 최대 전류 I 를 원하는 만큼 측정할 수 있다. 모든 입력 변수 값은 해당 안내가 나온 뒤 키보드로 입력하며, Enter 키를 눌러 확정한다.

시작하려면 안내가 나올 때 다음 인증 키를 입력하라.

```
Enter Valid Authorization Key:  12345678.888
```

잘못된 값을 입력하면 프로그램이 시험 모드로 들어가며, 프로그램을 다시 시작해야 한다.

Experiment

Q2-2

Korean (Korea (Republic of))

프로그램의 한 모의실험 주기의 전형적인 화면은 다음과 같다.

```
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):
```

먼저 컬렉터 반지름을, 그다음 이미터 반지름을, 그다음 이미터 길이를 각각 cm 단위로 입력하고, 마지막으로 전위차를 V 단위로 입력한다. 각 입력은 Enter 키로 확정한다.

그다음 프로그램은 다시 컬렉터 반지름을 묻는 것으로 돌아간다.

실험 범위를 벗어난 값을 입력하면 오류 메시지가 나오고,

```
Value Out Of Bounds
```

잘못 답한 안내로 되돌아간다.

모든 길이는 mm 단위까지만, 모든 전압은 V 단위까지만 기록되므로 더 정밀한 수를 입력해도 측정이 좋아지지 않는다. 다만 어떤 길이든 최대 0.5 mm, 어떤 전압이든 최대 0.5 V의 불확도가 있다. 그래서 같은 측정을 되풀이해도 전류값이 다르게 나올 수 있다.

전류계는 자동 범위 조정 방식이어서 유효숫자를 세 자리만 보여 주며, 필요에 따라 A 눈금과 mA 눈금을 오간다. 불확도는 마지막으로 표시된 자릿수의 $\pm\frac{1}{2}$ 이다. mA로 표시되는지 A로 표시되는지 주의하라.

전류계의 정격 전류 40 A를 넘기면 전류계가 타 버린다. 프로그램이 이를 알려 주고, 다음 측정을 위해 전류계를 자동으로 고쳐 준다.

프로그램을 다시 시작하기 위해 끝내야 할 때에는 언제든 Ctrl+C를 누르라.

파트 A: 지수 구하기 (4.5점)

각 결과의 오차 한계 분석과 함께 식 (1)의 지수들을 구하라.

A.1	변수 V 에 대한 지수 γ 를 구하는 데 쓸 수 있는 자료를 모으라. 주어진 공간에 알맞은 그래프를 그리라. 편의를 위해 선형 모눈종이와 로그-로그 모눈종이를 모두 제공하지만 그래프는 하나만 그리면 된다. γ 의 값을 제시하고 결과의 불확도 분석도 제시하라.	1.5pt

A.2	변수 L_E 에 대한 지수 β 를 구하는 데 쓸 수 있는 자료를 모으라. 주어진 공간에 알맞은 그래프를 그리라. 그래프는 하나면 충분하다. β 의 값을 제시하고 결과의 불확도 분석도 제시하라.	1.5pt

A.3	변수 R_C 에 대한 지수 α 를 구하는 데 쓸 수 있는 자료를 모으라. 주어진 공간에 알맞은 그래프를 그리라. 그래프는 하나면 충분하다. α 의 값을 제시하고 결과의 불확도 분석도 제시하라.	1.5pt

파트 B: 계수 G 구하기 (1.0점)

$R_C = 10R_E$ 일 때 함수 G 의 값을 구하라.

B.1	자료를 추가로 모으거나 앞의 자료를 다시 이용하여 $R_C = 10R_E$ 일 때의 G 값을 구하고, 결과의 불확도 분석도 제시하라.	1.0pt

파트 C: 무차원 함수 F 구하기 (2.5점)

식 (2)에서 L_E 가 R_C 와 비슷한 크기일 때 R_C, R_E, L_E, V 중 어느 것이 F 에 영향을 주는지 실험으로 알아내라.

C.1	답안지의 변수 목록에 대해 그 효과의 방향을 제시하라. 예를 들어 R_C 를 키우면 F 는 커지는가, 작아지는가, 그대로인가?	0.5pt

C.2	$L_E \approx R_C$ 일 때 함수 F 는 하나의 변수 x 에 대해 선형으로 근사할 수 있음이 관찰된다. 여기서 x 는 R_C, R_E, L_E, V 중 두 개만의 함수이다. 답안지에 x 로 가능한 함수 형태가 여러 개 있다. 가장 중요한 거동을 담아내는 것을 고르라.	0.5pt

C.3	$L_E \approx R_C$ 인 값들에 대해 $F(x) = A + Bx$ 형태의 선형 함수를 가정하고, 실험으로 변수 B 를 구하라. 범위는 $R_C/2 \leq L_E \leq 2R_C$ 로 제한하라. F 를 선형 함수로 근사할 수 있도록 자신이 고른 하나의 적절한 양 x 에 대한 알맞은 그래프를 그리라. 오차 분석은 필요하지 않다.	1.5pt