Wstęp teoretyczny

Lampa Thomsona to urządzenie laboratoryjne skonstruowane w formie szklanej bańki, w której znajduje się powietrze pod szczątkowym ciśnieniem. Wewnętrzny układ cewek, umieszczony w układzie Helmholtza, jest rozmieszczony w taki sposób, że odległość między cewkami wynosi równo promień cewek. Przepływ prądu przez te cewki generuje jednorodne pole magnetyczne. To pole zakrzywia trajektorię elektronów wypuszczanych z działa elektronów, skłaniając je do poruszania się po okręgu. Aby uwidocznić te trajektorie elektronów, powierzchnia ekranu lampy jest pokryta luminoforem. Dzięki temu, gdy elektrony poruszają się po okręgu, zostawiają za sobą charakterystyczną smugę na ekranie lampy, co umożliwia obserwację ich ruchu.

Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia było wyznaczenie takich par napięcia przyspieszającego elektrony i natężenia prądu cewek aby trajektoria elektronów emitowanych z katody – ich promień – był jednakowy. Dokonano po 9 pomiarów odpowiadających par dla L = (40, 45 i 50)mm.

Układ pomiarowy:

Układ pomiarowy, na którym wykonywano ćwiczenie składał się z:

* Lampy Thomsona
* Zasilacza lampy
* Zasilacza cewek elektromagnetycznych

Obliczenia

Podczas wykonywania doświadczenia, wykonano pomiary natężenia prądu dla podanych wartości napięcia przyspieszającego, i dla których promień R był jednakowy w oparciu o odległość L odczytaną z ekranu. W tabeli wypisano te wartości.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| U[kV] | IH[A] | | |
| L=40mm | L=45mm | L=50mm |
| 2,4 | 0,625 | 0,513 | 0,431 |
| 2,6 | 0,645 | 0,543 | 0,451 |
| 2,8 | 0,676 | 0,565 | 0,462 |
| 3 | 0,686 | 0,585 | 0,483 |
| 3,2 | 0,720 | 0,605 | 0,502 |
| 3,4 | 0,74 | 0,615 | 0,523 |
| 3,6 | 0,76 | 0,635 | 0,546 |
| 3,8 | 0,781 | 0,655 | 0,567 |
| 4 | 0,8 | 0,677 | 0,585 |

1. Wyznaczanie promienia R dla każdej długości L.

Mając dane L oraz A (długość ekranu) możliwe jest obliczenie podstawy Z trójkąta równoramiennego o bokach R. Z twierdzenia Pitagorasa:

Następnie obliczono kąt β przy podstawie:

Obliczono wartość kąta α dodając kąt β i wartość 45°,

Następnie obliczono wysokość trójkąta H o bokach R ze wzoru:

Następnie znając H obliczono długość boku R z tw. Pitagorasa:

Korzystając z wyznaczonego wzoru obliczono długości R:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| L [mm] | 40 | 45 | 50 |
| R [mm] | 141 | 170 | 210 |
| β[°] | 26,6 | 29,4 | 32,0 |

1. Przeliczanie wartości prądu cewek Helmholtza IH na wartość indukcji pola magnetycznego. Do obliczeń użyto wzoru:

Gdzie:

- bezwzględna przenikalność magnetyczna, N – liczba zwojów w cewkach Helmholtza, RH - promień cewek (równy odległości między cewkami)

Wyniki znajdują się w tabeli poniżej:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U[kV] | L=40mm | | L=45mm | | L=50mm | |
| IH[A] | B[mT] | IH[A] | B[mT] | IH[A] | B[mT] |
| 2,4 | 0,625 | 2,167 | 0,513 | 1,779 | 0,431 | 1,494 |
| 2,6 | 0,645 | 2,236 | 0,543 | 1,883 | 0,451 | 1,564 |
| 2,8 | 0,676 | 2,344 | 0,565 | 1,959 | 0,462 | 1,602 |
| 3 | 0,686 | 2,378 | 0,585 | 2,028 | 0,483 | 1,675 |
| 3,2 | 0,720 | 2,496 | 0,605 | 2,097 | 0,502 | 1,740 |
| 3,4 | 0,74 | 2,566 | 0,615 | 2,132 | 0,523 | 1,813 |
| 3,6 | 0,76 | 2,635 | 0,635 | 2,201 | 0,546 | 1,893 |
| 3,8 | 0,781 | 2,708 | 0,655 | 2,271 | 0,567 | 1,966 |
| 4 | 0,8 | 2,774 | 0,677 | 2,347 | 0,585 | 2,028 |
| 4,2 | 0,825 | 2,860 | 0,696 | 2,413 | 0,603 | 2,091 |

1. Wyznaczenie zależności między napięciem U przyspieszającym elektrony a indukcją B pola magnetycznego.

Z zasady zachowania energii:

1°

2°

Następnie z prawa dynamiki ruchu po okręgu:

6°

7°

8°

1. Wykreślanie zależności U(R2B2) :
2. Wyznaczanie współczynników kierunkowych prostych za pomocą regresji liniowej:

* Jako X w równaniach to B2R2
* Jako Y w równaniach to U

Do obliczeń współczynników a i b obliczono sumy:

Obraz zawierający Czcionka, tekst, biały, typografia

Opis wygenerowany automatycznie

* Dla R = 141mm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Sx** | **Sy** | **S­xx** | **Sxy** |
| 1,2761 | 33 | 0,1678 | 4,3383 |

* Dla R = 170mm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Sx** | **Sy** | **S­xx** | **Sxy** |
| 1,3 | 33 | 0,1751 | 4,4314 |

* Dla R = 210mm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Sx** | **Sy** | **S­xx** | **Sxy** |
| 1,42 | 33 | 0,2114 | 4,8658 |

Następnie do obliczenia współczynników a i b oraz niepewności u(a) i u(b) wykorzystano wzory:

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Gdzie:

Obraz zawierający tekst, Czcionka, biały, linia

Opis wygenerowany automatycznie

* Sεε dla poszczególnych wartości R

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R [mm] | 141 | 170 | 210 |
| Sεε | 0,0103 | 0,0151 | 0,0237 |

* Współczynnik a i b oraz u(a) i u(b) dla poszczególnych R:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R[mm] | 141 | 170 | 210 |
| a | 25,85484 | 24,3138 | 18,60936 |
| u(a) | 0,512062 | 0,583629 | 0,559266 |
| b | 0,000723 | 0,13458 | 0,655353 |
| u(b) | 0,066323 | 0,077218 | 0,08132 |

1. Wyznaczanie ładunku właściwego e/m dla każdego wykresu, na postawie danych z punktu 3 i 5.

Do wyznaczenia e/m użyto wzoru:

Który można przekształcić do:

Gdzie:

* UA to X
* B2R2 to Y

Można ją przekształcić do:

Więc:

↓

Wyznaczone e/m dla poszczególnych R:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R [mm] | 141 | 170 | 210 |
| e/m [C] | 51,70968 | 48,6276 | 37,21872 |

1. Wyznaczenie niepewności u(e/m) dla każdego wykresu korzystając z prawa propagacji

Do obliczeń użyto wzoru:

Wyniki niepewności u(e/m) znajdują się w tabelce poniżej:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R [mm] | 141 | 170 | 210 |
| U(e/m) [C] | 1,0241243 | 1,167259 | 1,1185325 |

1. Wyznaczanie średniej wartości e/m i jej niepewności u(e/m) za pomocą metody średniej ważonej:

Do obliczenia użyto wzorów:

* Na średnią ważoną ładunku całkowitego e/m:

Gdzie:

Wynik znajduje się w tabeli poniżej:

|  |  |
| --- | --- |
| Średnia ważona ładunku całkowitego [C] | 46,14220392 |

* Na średnią ważoną niepewności:

Wynik znajduje się w tabeli poniżej:

|  |  |
| --- | --- |
| Średnia ważona niepewności ładunku całkowitego | 0,634147372 |

1. Wyznaczanie niepewności rozszerzonej u(e/m):

Do obliczeń użyto wzoru:

Gdzie:

k – współczynnik poziomu ufności (przyjęto wartość równą 2)

Wynik niepewności rozszerzonej znajduje się w tabeli poniżej:

|  |  |
| --- | --- |
| niepewność rozszerzona u(e/m) | 1,268294744 |

Wnioski

Zależności U(R2B2) zbliżone są do przewidywanych funkcji liniowych. Wyniki mogą być rozbieżne od wartości rzeczywistych ze względu na błędy pomiarowe przyrządów.