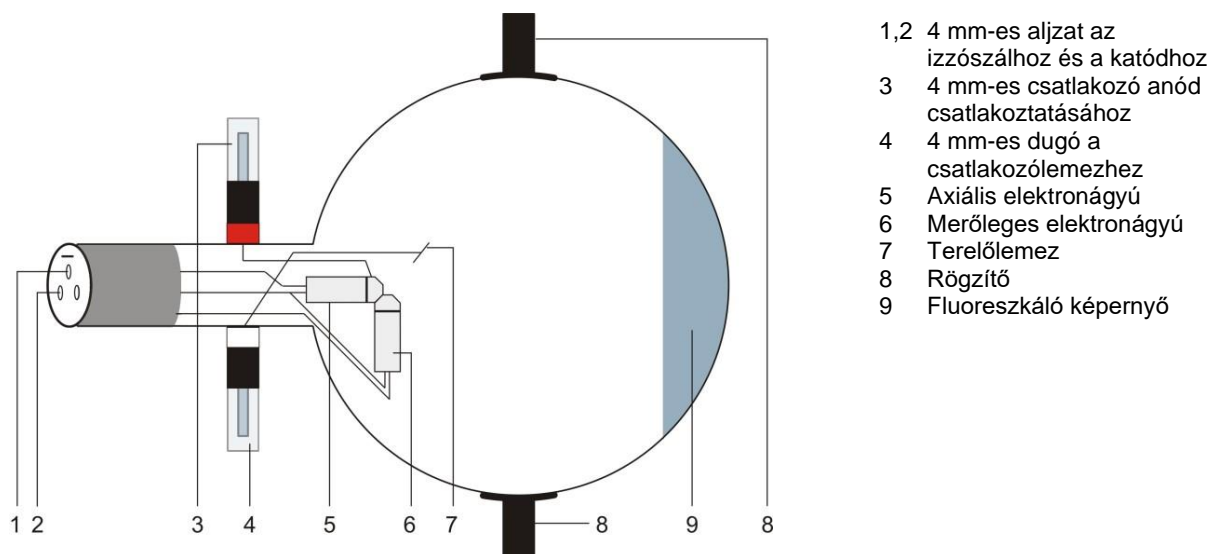


## Kétsugaras cső D 1000654

### Használati útmutató

11/17 ALF



- 1,2 4 mm-es aljzat az izzószálhoz és a katódhoz
- 3 4 mm-es csatlakozó anód csatlakoztatásához
- 4 4 mm-es dugó a csatlakozólemezhöz
- 5 Axiális elektronágyú
- 6 Merőleges elektronágyú
- 7 Terelőlemez
- 8 Rögzítő
- 9 Fluoreszkáló képernyő

### 1. Biztonsági instrukciók

A forrókatódos csövek vékony falú, erősen légűritett üvegcsövek. Óvatosan bánjon velük, mert fennáll az összeomlás veszélye.

- Ne tegye ki a csövet mechanikai igénybevételnek!
- Ne tegye ki a csatlakozó vezetékeket feszültségnek!
- • A csövet csak D csőtartóval (1008507) szabad használni!

Ha a feszültség vagy áram túl magas, vagy a katód hőmérséklete nem megfelelő, az a cső tönkremeneteléhez vezethet.

- Ne lépje túl a megadott üzemi paramétereket.

A cső működése közben előfordulhat, hogy a cső kivezetései olyan magas feszültség alatt állnak, amellyel veszélyes érintkezésbe kerülni.

- Csak kikapcsolt tápellátás mellett cserélje ki az áramkört.
- Csak kikapcsolt tápellátás mellett cserélje ki a csöveget.

A cső működés közben felforrósodhat.

- Hagyja lehűlni a csövet szétszerelés előtt.

Az EC elektromágneses kompatibilitási irányelvének való megfelelés csak az ajánlott tápegységek használata esetén garantált.

### 2. Leírás

A kétsugaras cső segítségével meghatározható az elektron fajlagos töltése  $e/m$ , az egy függőlegesen elhelyezett mágneses térrel rendelkező merőlegesen elhelyezett ágyúból a csőbe lőtt elektronok által követett út átmérőjéből, és a spirálpálya megfigyelése által, amelyet axiálisan kilőtt elektronok követnek a koaxiális mágneses térbe.

A kétsugaras cső egy részben evakuált elektronső, alacsony nyomáson neonnal töltve, és axiális, valamint merőleges elektronágyúkkal is fel van szerelve. Az elektronsugarak merőlegesek egymásra, és mindkét ágyúhoz közös terelőlap van. Az elektronsugárforrás egy oxidkatód, amelyet fűtőtekercsen keresztül közvetetten melegítenek. Az elektronsugarak finom, narancssárga nyalábként jelennek meg a neonatomok becsapódásos gerjesztése miatt.

### 3. Technikai adatok

Izzószál feszültség:	max. 7,5 V AC/DC
Anódáram:	max. 30 mA
Anódfeszültség:	Maximális érték úgy legyen beállítva, hogy az anódáram $\leq 30$ mA (tipikusan 120-300 V DC)
Terelőfeszültség:	max. 50 V DC
Üveg izzó:	kb. 130 mm átm.
Teljes hossz:	kb. 260 mm
Gáztöltet:	Neon

### 4. Működés

A kétsugaras csővel végzett kísérletekhez a következő berendezések is szükségesek:

1 Csőtartó D	1008507
1 DC tápegység 500 V (@230 V)	1003308
Vagy	
1 DC tápegység 500 V (@115 V)	1003307
1 Helmholtz tekercspár D	1000644
1 Analóg multiméter AM50	1003073

#### 4.1 A cső elhelyezése a csőtartóban

A csövet csak akkor szabad felszerelni vagy eltávolítani, ha minden tápegységet leválasztott.

- Tolja jobbra a csőtartó oszlopán lévő pofabilincs csúszkát, hogy a pofák kinyíljanak.
- Tolja a cső nyúlványait a pofákba.
- Tolja előre a pofa bilincseit az állványokon, hogy rögzítse a csövet a pofákban.

#### 4.2 A cső eltávolítása a csőtartóból

- A cső eltávolításához nyomja vissza jobbra a pofabilincseket, és vegye ki a csövet a pofákból.

#### 4.3 Megjegyzések

1. Az anódáram korlátozása: hogy elkerüljük a pozitív ionok túlzott mértékű kibocsátását a katód elektronkibocsátó vegyi anyagai irányába, az anódáramot lehetőleg 30 mA alá kell korlátozni. A nagyobb áram rövid ideig tolerált, de hosszú időn keresztül csökkenti a cső élettartamát.
2. A katód hőstabilitása: ugyanezen okból kerülni kell az elektronágyú beindítását, amikor a katód hideg, vagy csak éppen elkezdett felmelegedni.
3. A sugár fókuszálása: A terelőlemezekre adott kis  $U_P$  feszültségek lehetővé teszik a sugár fókuszálását. A 6 V-nál nagyobb feszültségek az eredmények romlását okozzák.

### 5. Példakísérletek

#### 5.1 Az e/m meghatározása

Az e töltésű elektron, amely  $v$  sebességgel mozog merőlegesen a  $B$  mágneses téren keresztül, olyan  $F$  erőt fejt ki, amely merőleges mind  $B$ -re, mind  $v$ -re, és amelynek nagyságát a következőképpen adja meg:

$$F = evB$$

Ez arra készíti az elektront, hogy egy körkörös elektronpályát kövessen egy  $B$ -re merőleges síkban. Az  $m$  tömegű elektronnra a centripetális erő

$$F = \frac{mv^2}{R} = evB$$

Egy elektron energiája a kétsugaras csőben:

$$eU_A = \frac{1}{2}mv^2$$

Ha  $v$ -t megoldjuk és behelyettesítjük az egyenletbe, a következőt kapjuk:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U_A}{B^2R^2}$$

az  $e/m$  kifejezés egy elektron fajlagos töltése, állandó értéke  $(1,75888 \pm 0,0004) \times 10^{11}$  C/kg.

#### 5.1.1 B meghatározása

A Helmholtz-tekercsek átmérője 138 mm, és Helmholtz-konfigurációjú mágneses fluxust hoznak létre:

$$B = \mu_0 H = (4.17 \times 10^{-3}) I_H \text{ T/A}$$

- Csatlakoztassa a csövet a 4. ábra szerint.
- Tompítsa el a szoba világítását.
- Biztosítsa a Helmholtz tekercsek helyes elhelyezését Helmholtz konfigurációban.
- Állítsa az  $U_F$  fűtőfeszültséget 6,5 V-ra, és várjon néhány percig, hogy a fűtőelem hőmérséklete elérje a termikus stabilitást (lásd a megjegyzéseket 4.3. szakasz).
- Állítsa az  $U_A$  anódfeszültséget 90 V-ra, és várjon amíg az anódáram stabilizálódik (lemez feszültség  $U_P = 0$  V).
- Állítsa be az áramerősséget  $I_H$  a tekercsekben úgy, hogy az eltért sugár áthaladjon az A ponton a cső fluoreszkáló képernyőjének szélén. Egyidejűleg fókuszálja a sugarat a lemez  $U_P$  feszültsége segítségével, mely legfeljebb 6 V lehet.
- Növelje az  $U_A$ -t, és állítsa be az  $I_H$ -t úgy, hogy az eltért sugár mindig az A ponton haladjon át. Növelje az anódfeszültséget, de csak olyan mértékben, hogy az anódáram nem haladja meg a 30 mA-t.
- Írja be az összes értéket egy táblázatba.

$U_A$ Volt	$I_H$ Amper
90	
100	
110	
120	

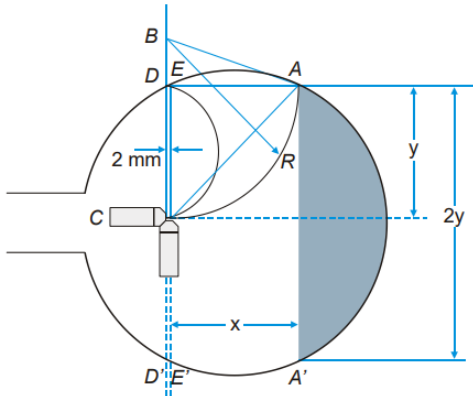
### 5.1.1 R meghatározása

Az 1. ábra diagramja alapján az elektronágyúból a C pontban kilépő sugár a cső tengelye mentén halad. Az elektron ezután körpályán eltérül, és a cső tengelyével érintőt képez. Ennek a körnek a középpontja a B pontban van, és a DCD' síkjában fekszik, körülbelül 2 mm-rel az EE' síkja mögött.

$$AB^2 = BC^2 + AC^2 - 2BC \cdot DC$$

$$R = BC = AB = \frac{AC^2}{2DC} = \frac{x^2 + y^2}{2y}$$

$$R^2 = \left[ \frac{x^2 + y^2}{2y} \right]^2$$



1. Ábra R derivációja

### 5.2 Lehajlás körpályán és e/m meghatározása

- Csatlakoztassa a csövet az 5. ábra szerint.
- Állítsa az  $U_A$  anódfeszültséget 100 V-ra, és várja meg, amíg az anódáram stabilizálódik (lemezfeszültség  $U_P = 0$  V).
- A tekercsekben az áramerősséget  $I_H$  úgy állítsuk be, hogy az eltérített nyaláb körpályán mozogjon úgy, hogy az AA' sík érintse.
- Ebben az esetben célszerű felülről megfigyelni a nyalábot, ahonnan egyenes vonalként jelenik meg, és  $U_P$  segítségével max. 6 V-ig fókuszálható.

Megjegyzés: a sugár tengelyirányú nemlinearitása azt a hatást váltja ki, hogy a nyalábot kitolja az elektronágyú síkjából. A pontosabb eredmények elérése érdekében a csövet az azt tartó merevítőn belül el kell fordítani úgy, hogy a körpálya az elektronágyú síkjában legyen. Az  $I_H$ -t is módosítani kell, hogy az AA' sík jó érintőt képezzen az útvonallal. A cső tengelyéhez képest enyhe szög tolerálható. A sugár pontos kör helyett enyhén spirális úton halad.

Növelje meg az  $U_A$ -t és állítsa be az  $I_H$ -t úgy, hogy az AA' sík mindig az eltérített nyaláb érintőjét képezze. Az anódfeszültséget csak olyan

mértékben növelje, hogy az anódáram ne haladja meg a 30 mA-t. Foglalja táblázatba az  $I_H$ -t  $U_A$ -val szemben, és ábrázolja grafikonon.

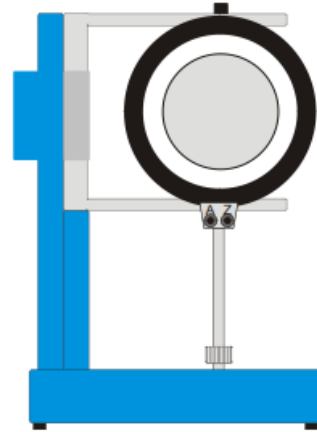
- Állapítsa meg az  $R = AE/2$ -t az 5.1-es kísérletből,  $R^2 = AE^2/4$ .
- Helyettesítse be a kapott értéket a következő egyenletbe:

$$\frac{e}{m} = \frac{U_A}{I_H^2 R^2} \cdot 1.15 \cdot 10^5$$

És számolja ki az  $e/m$  értékét.

### 5.2 Az axiális mágneses tér hatása

- Helyezze a csövet az állványba  $90^\circ$ -ban a normál beállításához képest (lásd a 2. ábrát).
- Helyezze be a tekercset a csőtartó nyílásába úgy, hogy a fluoreszkáló képernyőt egyetlen Helmholtz tekercs zárja közre.
- Csatlakoztassa a csövet a 6. ábra szerint



2. Ábra A tekercs elhelyezése

- Állítsa az  $U_A$  anódfeszültséget legfeljebb 60 V-ra, és várja meg, amíg az anódáram stabilizálódik (lemezfeszültség  $U_P = 0$  V).
- Fokozatosan növelje az  $I_H$  tekercsáramot.

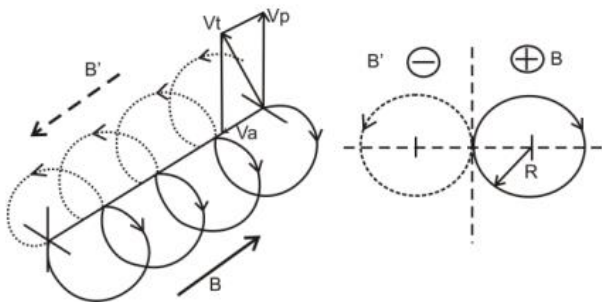
Csak egy  $v_a$  tengelyirányú sebességvektorral a nyaláb tengelyirányú nemlinearitása korrigálódik, és egybeesik a mező valódi tengelyével.

- Jelölje meg a nyaláb helyzetét filctollal.
- Állítsa az  $I_H$ -t 1,5 A-re, és fokozatosan növelje az  $U_P$ -t, hogy egy második  $v_P$  sebességvektor hatással legyen a nyalábra.
- Tekintse meg a nyaláb végét a tekercsen keresztül.

A nyaláb útja spirálvonallá alakul. A sugár már nem kerüli meg a mező tengelyét, hanem minden hurok után visszafordul a tengely mentén egy másik pozícióba.

- Fordítsa meg a B mágneses tér polaritását a Helmholtz-tekercsek polaritásának megfordításával, és figyelje meg, mi történik a nyalábbal.
- Változtassa meg az anódfeszültséget, és

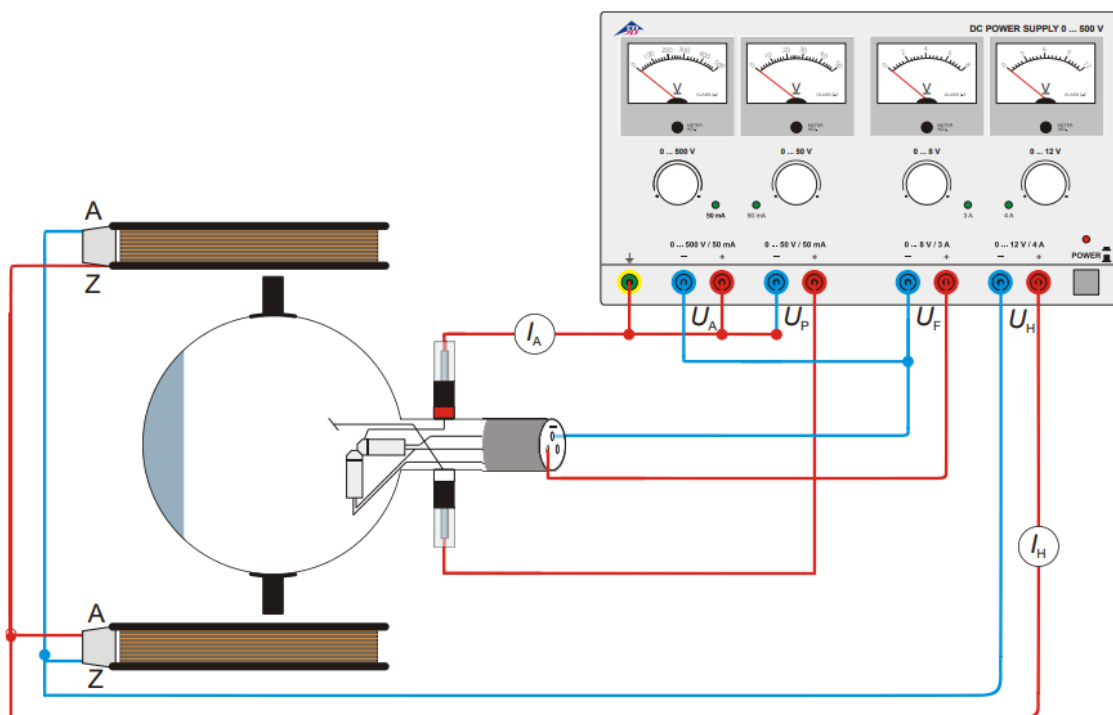
figyelje meg a sugár spirális útjának hatását. Ezután állítsa vissza a feszültséget 60 V-ra. Az anódfeszültséget csak olyan mértékben növelje, hogy az anódáram ne haladja meg a 30 mA-t.



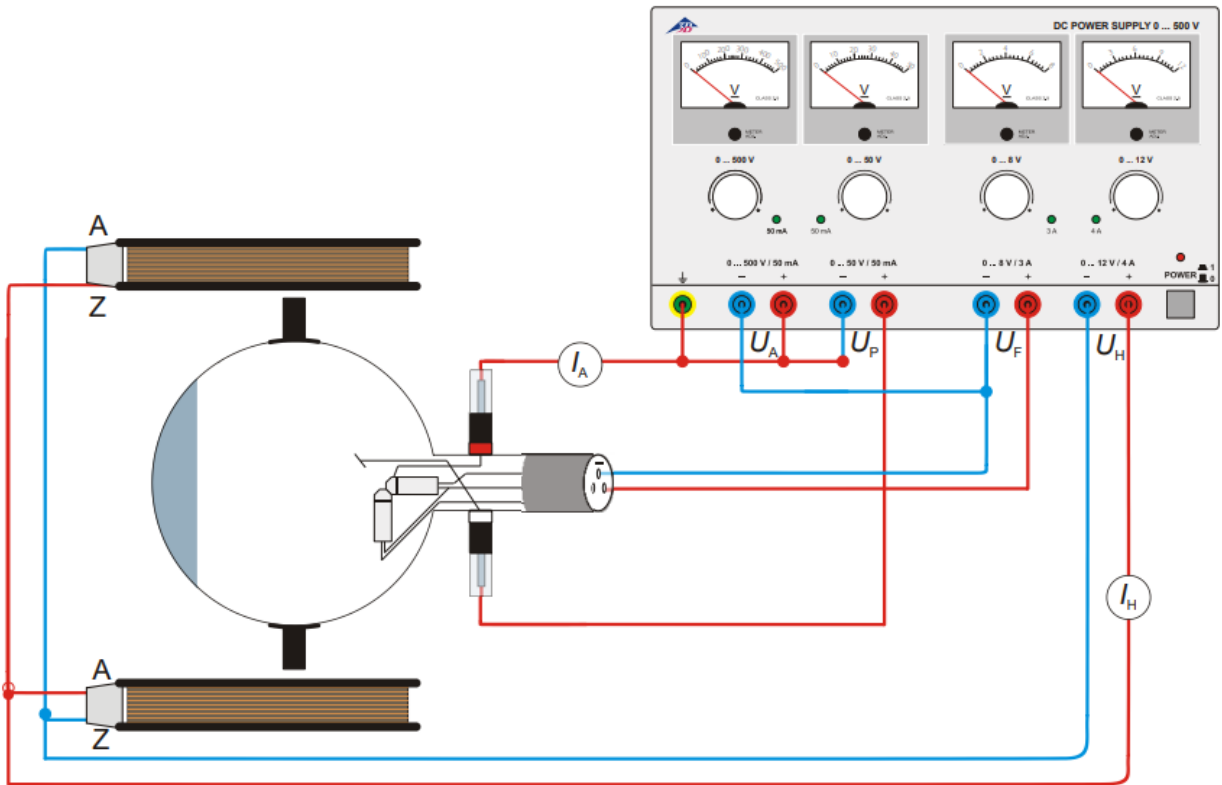
3. Ábra Az eltérített nyaláb spirális útja

## 6. Megjegyzések

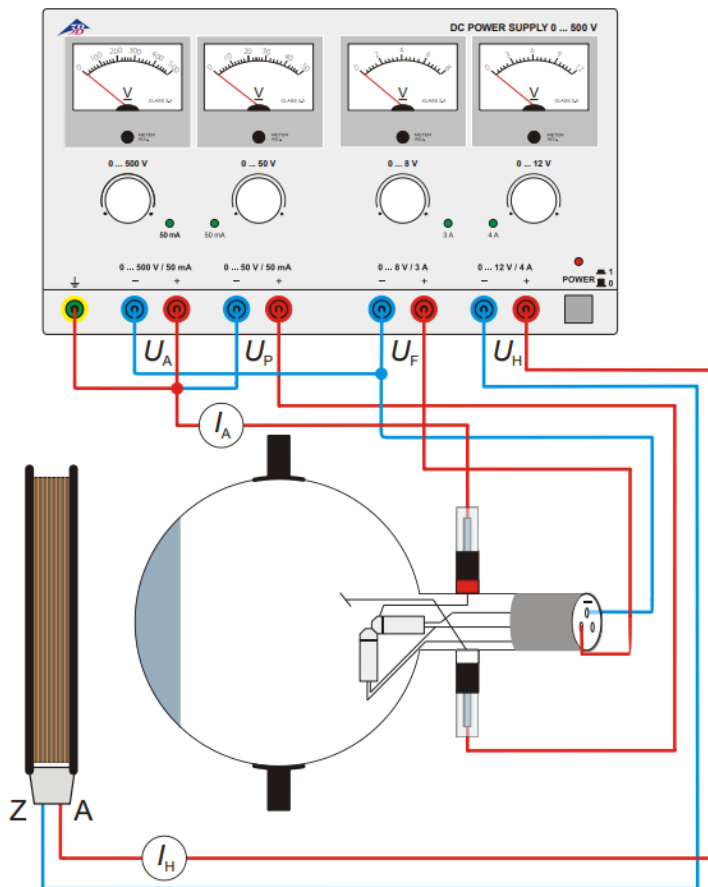
1. Az 5.2 kísérletben a kör alakú sugárút a fotoemisszió miatt látható. A folyamatban rész vevő energia elvész, és soha nem pótolható. Ez azt jelenti, hogy a nyaláb valójában spirális pályát követ, nem kört. Egy rögzített  $R$  sugár és egy valós kör esetén  $U_A/I_H^2$  nagyobb lenne, mint az általunk mért értékek. Emiatt az  $e/m$  érték hibája mindig a negatív oldalon van. Ennek ellenére 20%-os pontosságú eredményeket lehet elérni.
2. Azokban a kísérletekben, ahol a nyalábokat félkör alakú pályákra terelték el, mint az 5.1. kísérletben, az eredmények nagyobbak, mint a publikált érték. Az A és E pont, amelyen keresztül a nyaláb elhajlik, a Helmholtz-tekercek homogén tartományán kívül esnek, így ezekben a pontokban a mágneses fluxus csökken. Rögzített  $R$  sugár és valóban homogén tér esetén az  $U_A/I_H^2$  kisebb lenne, mint az általunk mért értékek. Emiatt az  $e/m$  érték hibája mindig a pozitív oldalon van. Ennek ellenére 20%-os pontosságú eredményeket lehet elérni.



4. Ábra Az  $e/m$  meghatározása axiális elektronógyúval



5. Ábra Az  $e/m$  meghatározása a mérőleges elektronágyú segítségével



6. Ábra Axiális mágneses mező hatása