

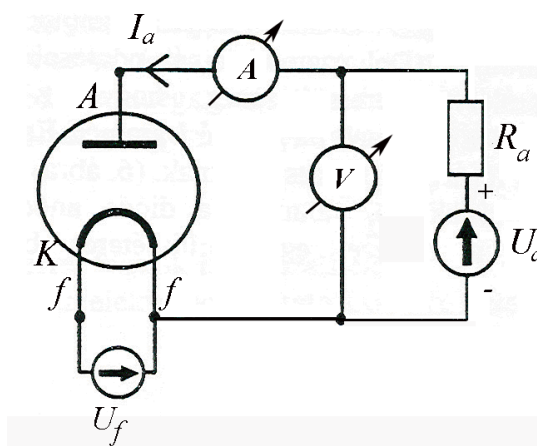
## aAz elektron fajlagos töltésének kísérleti meghatározása

### I. A gyakorlat célkitűzései:

- Elektromos áramvezetés vizsgálata vákuum-dióda segítségével;
- Elektromos térrel gyorsított elektronok mozgáspályájának módosítása mágneses mező által;
- Az elektron fajlagos töltésének kísérleti meghatározása magnetron módszer alkalmazásával.

### II. Elméleti bevezető

Thomas A. Edison 1884-ben kísérletileg igazolta, hogy a magas hőmérsékletre hevített fémek negatív elektromos töltéseket bocsátanak ki, amelyeket később elektronoknak neveztek el. A folyamatot hőelektromos emisszióknak nevezzük. A folyamat abban nyilvánul meg, hogy a felhevített fém elektronjai elegendő mozgási energiára tesznek szert és ezáltal kilépnek a fém pozitív ionjainak vonzásteréből. Ezt a jelenséget hasznosítják az elektroncsövek, amelyeknek legegyszerűbb megvalósítása a kételektródás vákuumdióda. Fleming 1904-ben találta fel a vákuumdiódát, amely egy légritkított üvegburába zárt katódot és egy anódot tartalmazó elektroncső (1. ábra).



1. ábra. Vákuumdióda és áramkörei

A háromelektrodás elektroncsövet triódának nevezzük. A triódában a harmadik elektródát rácsnak nevezik, amely a katód és az anód között helyezkedik el, és vezérlő elektróda szerepét tölti be. A rács ezt a feladatot azáltal valósítja meg, hogy potenciálját negatívabbá tesszük a katódhoz képest és így az anód irányában mozgó negatív elektronok áramát korlátozza.

Az elektroncsöveknél használt  $K$  fűtőszál – katód- izzítását elektromos árammal valósítják meg. Az izzított katódból kilépő szabad elektronokat az  $A$

anódra kapcsolt  $U_a$  feszültség gyorsítja, ezáltal meghatározza az anódáram  $I_a$  értékét.

A gyakorlatunkban olyan vákuum elektroncsövet használunk, amelynek elektróda elrendezése hengerszimmetriát mutat. A katód központi fémszál, illetve az anód hengeres elektródát alkot. Az anód pozitívabb potenciálja révén a katód által kibocsátott elektronokat gyorsítja az anód irányában. A gyorsító elektromos mező munkája egyenlő az elektron mozgási energiájának a változásával.

Amennyiben a katódból kilépő elektronok kezdeti mozgási energiáját elhanyagoljuk a gyorsítás után elért mozgási energiájukhoz viszonyítva, felírhatjuk az alábbi összefüggést:

$$\frac{m_0 \cdot v^2}{2} = e \cdot U_a$$

Az anódlemez felületére becsapódó elektronok sebessége az alábbi kifejezéssel adható meg:

$$v = \sqrt{\frac{2e \cdot U_a}{m_0}},$$

amelyben  $e$  – az elektron töltése,  $m_0$  – az elektron nyugalmi tömege, valamint  $v$  – az elektron végsebessége.

Az elektronok mozgásának pályáját módosítani tudjuk egy  $B$  indukciójú mágneses tér alkalmazásával. Kísérletünkben ezt a hatást egy szolenoid belsejében központosan elhelyezett elektroncsőben érvényesítjük.

A tekercsben folyó növekvő áramerősség egyre nagyobb erősségű mágneses erőt gyakorol az elektronokra, ennek hatására a sugárirányban mozgó elektronok pályája egyre jobban elgörbül a növekvő értékű *Lorentz-féle mágneses erő* hatására. A tekercsben folyó áramerősség egy bizonyos értékénél ( $I_{kritikus}$ ) az elektronok pályája annyira begörbül, hogy határesetben az elektronok nem juthatnak el az anód felszínére.

Az anódáram változását mérve meghatározhatjuk azt a mágneses indukciót, amelynél az anódáram megszakad. Ez azt a pillanatot jelzi, amelyben az elektronok pályamozgása önmagába zárul. Ekkor a pályasugár,  $r$ , egyenlő lesz az anódhenger  $R$  sugarának felével (3b. ábra):

$$r = \frac{R_{anódhenger}}{2}$$

Az elektronokra ható Lorentz-féle erő meghatározza a mozgás centripetális gyorsulását:

$$B_{kritikus} \cdot e \cdot v = \frac{m_0 \cdot v^2}{r}$$

A szolenoidban folyó elektromos áram kritikus értékének kísérleti mérése lehetővé teszi a tekercs kritikus indukciós erősségének meghatározását:

$$B_{kritikus} = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I_{kritikus}}{l}$$

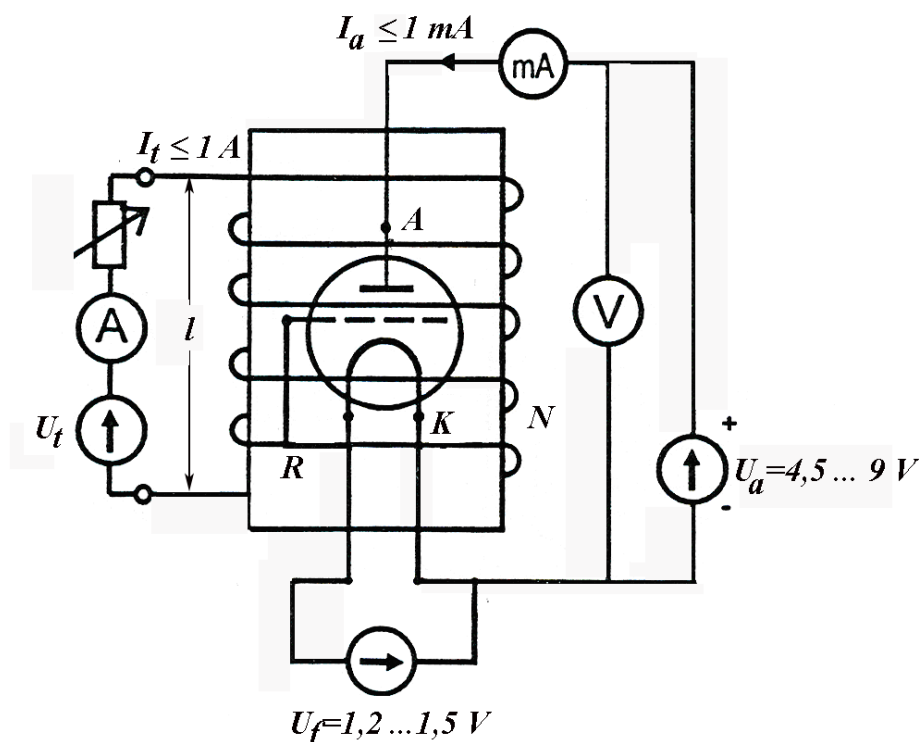
A fenti egyenletek felhasználásával meghatározható az elektron fajlagos töltése, vagyis az  $\frac{e}{m_0}$  arány értéke:

$$\frac{e}{m_0} = \frac{8 \cdot U_a}{B_{kritikus}^2 \cdot R_{ah}^2}.$$

### III. A kísérleti mérés menete

#### III.1. A mérőberendezés összeállítása

Az elektroncsövet óvatosan a tekercs belsejébe toljuk és összeállítjuk a kapcsolási rajznak megfelelő áramköröket (2. ábra).



2. ábra. Kísérleti mérőrendszer kapcsolási rajza

A kapcsolási rajzon feltüntetett *fűtőáramkör* táplálása céljából a fűtőszál  $f-f$  kivezetéseire kapcsoljunk egy  $U_f \approx 1,2 \text{ V} \div 1,5 \text{ V}$  feszültségű elemet. Igen fontos, hogy a fűtőkör tápfeszültsége ne haladja meg ezt a feszültséget, mert ennél nagyobb feszültség alkalmazása esetén a dióda fűtőszála azonnal kiég!

Az *anódáramkör* táplálása céljából használjunk egy  $U_a = 4,5 \text{ V}$  feszültségű zseblámpa telepet (laposelem). Az anódáramkörben használjunk egy  $1 \text{ mA}$ -es méréshatárral rendelkező áramerősségmérőt, hogy minél pontosabban megmérjük az  $I_a$  anódáram erősségét.

### III.2. A mérés megvalósítása

Az elmélet értelmében az elektron fajlagos elektromos töltésének meghatározása céljából ismerni kell a dióda áramát éppen megszakító "kritikus tekercsáram"  $I_{kritikus}$  értékét.

A kísérletben előbb bekapcsoljuk a fűtő- és az anódfeszültséget. Olvassuk le az így kialakult anódáram értékét, még mielőtt áramot vezettünk volna a tekercsbe ( $I_t = 0A$ ).

Mostan kapcsoljuk be a tekercs áramkörét is! Lassan növelve a tekercsáramot, nullától fokozatosan, figyeljük meg az anódáram változását.

Azt tapasztaljuk, hogy kezdetben az anódáram értéke közel állandó, majd fokozatosan elkezd csökkenni.

Foglaljuk táblázatba a mért értékeket, megjelölve a tekercsben folyó  $I_t$  áram, illetve az  $I_a$  anódáram értékét. Végezzünk minél pontosabb méréseket!

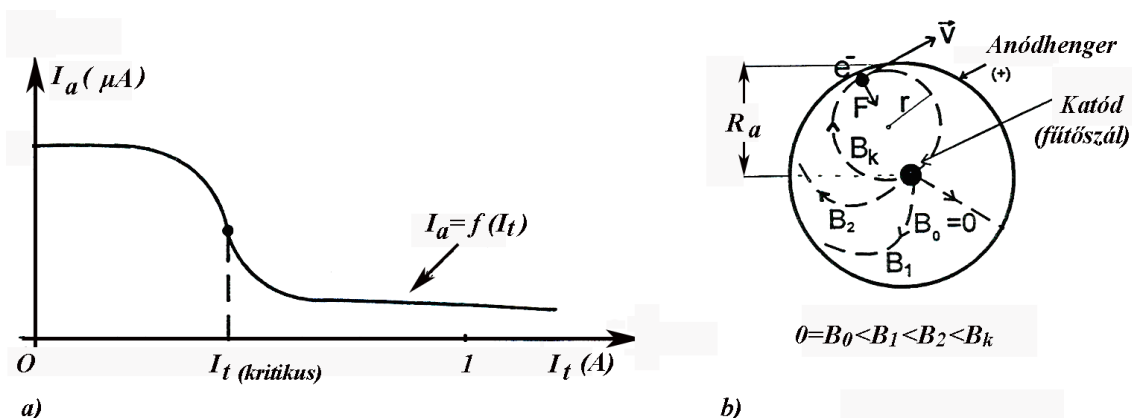
Kísérleti mérések adattáblázata

Kísérleti mérési adatai											
Sorszám	$R_{ah}$	$N_t N_t$	$l_t l_t$	$I_t$	$B_t$	$U_a$	$I_a$	$I_{tkrit}$	$e/m$	$(e/m)_{\text{átlag}}$	
1											
2											
3...											
1											
2											
3...											

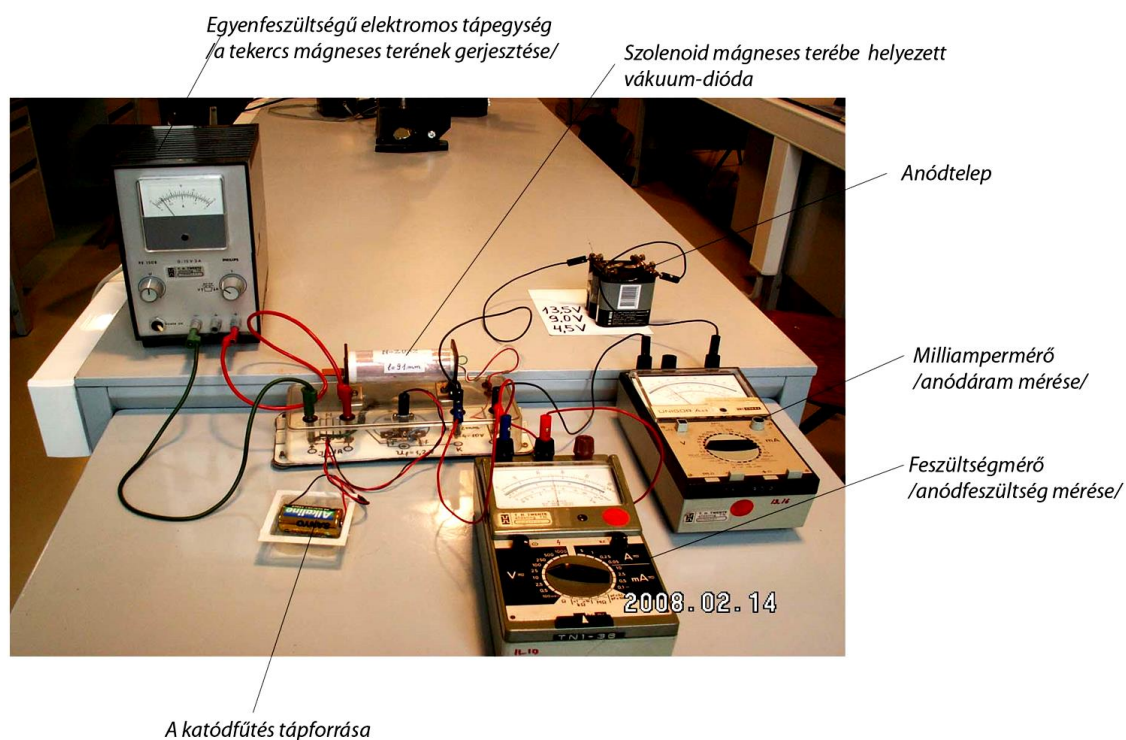
A táblázatban levő mérési adatok felhasználásával ábrázoljuk grafikusan az  $I_a = f(I_t)$  függvényt.

A tekercsben folyó áram kritikus értéke,  $I_t = I_{kritikus}$ , a grafikon azon pontjához rendelhető, amelynél a dióda elektronárama közel zérusra csökken a tekercs által gerjesztett mágneses indukció hatására. Az elektronok sebességeloszlása miatt az elektronáram lezárása fokozatosan történik. Ezért a grafikon azon pontját keressük, amelyhez a legmeredekebb változás tartozik (3a. ábrán jelölt áthajlási pont).

A fajlagos töltés kiszámítása céljából mérjük meg egy milliméteres beosztású vonalzó segítségével a szolenoid  $l$  hosszúságát, valamint a dióda anódhengerének az átmérőjét,  $D_a = 2R_{ah}$ .



3. ábra. Magnetron elvén dolgozó vákuumdióda  $I_a = f(I_t)$  áram karakterisztikája



4. ábra. A kísérleti rendszer fényképfelvétele

#### IV. Válaszolják meg az alábbi kérdéseket:

- Hogyan magyarázható, hogy az általunk megrajzolt görbe eléggé menedékes és az anódáram megszakítása nem történik hirtelen? Próbáljunk több okot is felsorolni!
- Az általunk végzett kísérleti mérések alapján meghatározott fajlagos töltés értékét hasonlítsuk össze a szakirodalomban megadott pontos értékkel!
- Magyarázzuk meg milyen hibaforrások okozzák az eltérést! Mitől származhat a legnagyobb hiba?