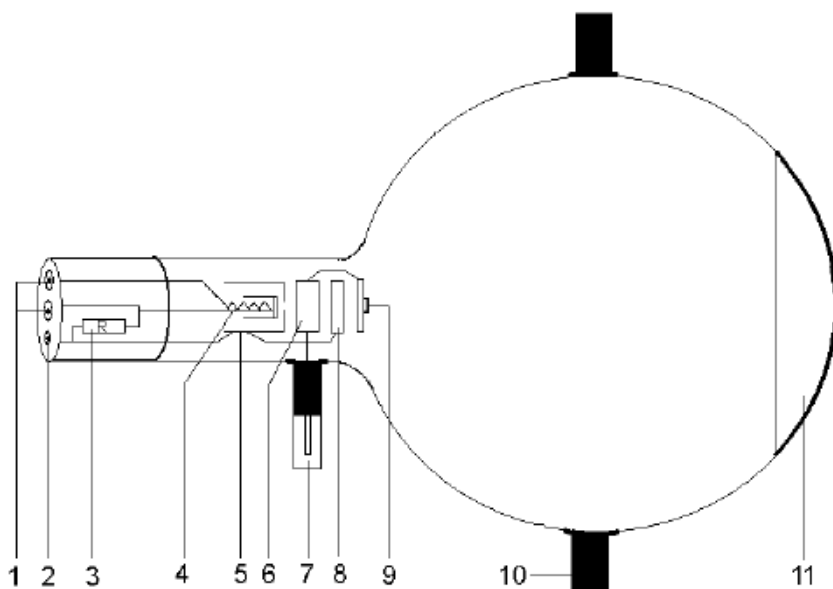


## Demonstrační elektronová trubice

Kat. číslo 109.5013



1. 4mm zdířka pro připojení žhavicího napětí
2. 2mm zdířka pro připojení katody
3. interní odpor
4. topná spirála
5. katoda
6. anoda
7. 4mm konektorový pin pro připojení anody
8. fokusační elektroda
9. polykrystalický grafitový držák
10. držák
11. fluorescenční štít

### 1. Bezpečnostní pokyny

Elektronky se žhavenou katodou jsou tenkostěnné, vakuované skleněné baňky. Zacházejte s nimi opatrně: Hrozí nebezpečí imploze!

- Trubicí nikdy nevystavujte mechanickým zatížením.
- Propojovací kabel nevystavujte zatížení tahem.
- Trubicí používejte jen v držáku trubice D (U19100).

Příliš vysoká napětí, proudy a nesprávná topná teplota katody mohou vést ke zničení trubice.

- Dodržujte uvedené provozní parametry.
- Zapojte obvody jen při vypnutých napájecích zařízeních.
- Namontujte a demontujte trubice jen při vypnutých napájecích zařízeních.

V provozu se krk trubice zahřívá.

- Trubicí nechte před demontáží vychladnout.

Dodržení směrnice EC o elektromagnetické kompatibilitě je zaručeno jen s doporučenými síťovými zdroji.

### 2. Popis

Demonstrační elektronová trubice umožňuje prokázání vlnění elektronů pozorováním interferencí, jež vznikají po průchodu elektronů polykrystalickou grafitovou mřížkou a jsou viditelné na fluorescenčním štítě (Debye-Scherrerova difrakce), stanovení vlnové délky elektronů při různých napětích anody z poloměrů difrakčních kruhů a ze vzdáleností mřížkových ploch grafitu a potvrzení de Broglieho hypotézy. Demonstrační elektronová trubice je vysokovakuová trubice s elektronovým dělem, sestávající ze žhavicího vlákna z čistého wolframu a válcovité anody v průhledné vakuované skleněné kouli. Z elektronů emitovaných žhavou katodou vystupuje dírkovou clonou úzký svazek paprsků, který

zaostřuje elektronový optický systém. Tento ostře ohraničený monochromatický svazek paprsků prochází jemným výpletem z niklového drátu, který je umístěn u „ústí“ elektronového děla, je pokrytý polykrystalickou grafitovou fólií a působí jako difrakční mřížka. Na fluorescenčním štítě je obraz ohybu viditelný jako dva soustředné kruhy okolo neohýbaného paprsku elektronů. Součástí dodávky je magnet. Ten umožňuje změnu směru elektronového paprsku, jež je nezbytná, pokud paprsek dopadá na výrobně podmíněné nebo vyhasináním vzniklé vadné místo grafitové mřížky.

### 3. Technické parametry

Topení:  $\leq 7,5$  V AC/DC  
Napětí anody: 0 – 5 000 V DC  
Proud anody: typ. 0,15 mA při 4 000 V  
Konstanty mřížky z grafitu:

$$d_{10} = 0,213 \text{ nm}$$

$$d_{11} = 0,123 \text{ nm}$$

Vzdálenost grafitové mřížky/  
fluorescenčního štítu: cca 135 mm  
Fluorescenční štít:  $\varnothing$  cca 100 mm  
Skleněná baňka:  $\varnothing$  cca 130 mm  
Celková délka: cca 260 mm

### 4. Obsluha

K provádění pokusů s demonstrační elektronovou trubicí navíc potřebujete následující vybavení:

1 držák trubice D U19100  
1 vysokonapěťový síťový zdroj 5 kV U33010-115

nebo

1 vysokonapěťový síťový zdroj 5 kV U33010-230  
1 analogový multimetr AM51 U17451

#### 4.1 Vložení trubice do držáku trubice

- Namontujte a demontujte trubicí jen při vypnutých napájecích zařízeních.
- Fixační zarážku držáku trubice zcela zasuňte.
- Vložte trubicí do svorek.
- Zajistěte trubicí ve svorkách pomocí fixační zarážky.

#### 4.2 Vyjmutí trubice z držáku trubice

- Pro vyjmutí trubice opětovně posuňte fixační zarážku zpátky a vyjměte trubicí.

#### 4.3 Všeobecné informace

Grafitová fólie na difrakční mřížce je silná jen několik molekulárních vrstev a může ji proto zničit proud vyšší než 0,2 mA.

Interní odpor slouží k omezení proudu, a tím k zamezení poškození grafitové fólie.

Během pokusu je nutné kontrolovat proud anody a grafitovou fólii. Při žhavení grafitové fólie nebo emisním proudem větším než 0,2 mA je nutné okamžitě přerušit spojení s anodovým napětím. Při neuspokojivých difrakčních kruzích lze směr elektronového paprsku změnit pomocí magnetu tak, aby dopadal na jiné místo grafitové fólie. Zaostření elektronového paprsku lze provést zavedením zaostřovacího napětí 0 – 50 V DC (zapojení viz obr. 2) pro lepší pozorování difrakčních kruhů při nižších anodových napětích.

### 5. Příklad pokusu

- Sestavte pokusnou konstrukci podle obr. 2. Záporný pól anodového napětí zapojte pomocí 2mm zdičky.
- Zavedte žhavicí napětí a počkejte cca 1 minutu, než bude topný výkon stabilní.
- Zavedte anodové napětí 4 kV.
- Stanovte průměr D difrakčních kruhů na světelném štítě.

Na fluorescenčním štítě jsou viditelné dva difrakční kruhy okolo neohýbaného elektronového paprsku. Každý ze dvou kruhů odpovídá Braggově reflexi u atomů jedné mřížkové plochy grafitu.

Změny anodového napětí způsobí změnu průměru difrakčních kruhů, přičemž snížení napětí způsobí zvětšení průměru. Toto pozorování souhlasí s Brogliovým předpokladem, že se vlnová délka prodlouží při snížení impulzu.

a) Braggova rovnice:  $\lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$

$\lambda$  = vlnová délka elektronů

$\theta$  = úhel odlesku difrakčního kruhu

$d$  = vzdálenost mřížkové plochy v grafitové mřížce

$L$  = vzdálenost mezi vzorkem a světelným štítem

$D$  = průměr difrakčních kruhů

$R$  = poloměr difrakčních kruhů

$$\tan 2\theta = \frac{D}{2 \cdot L}$$

$$\lambda = d \cdot \frac{R}{L}$$

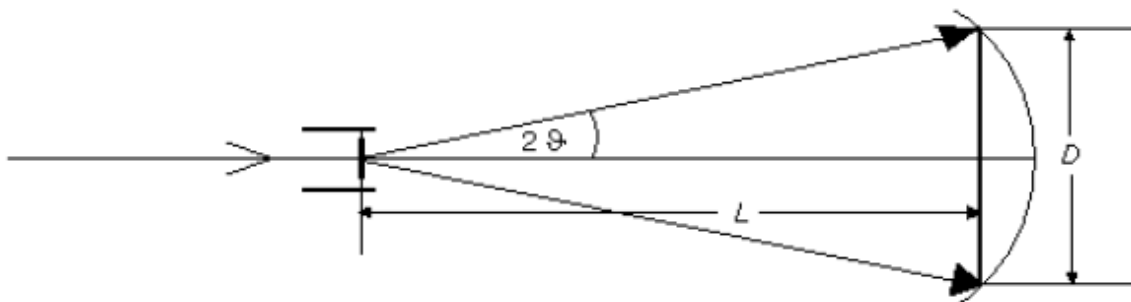
b) Broglieova rovnice:  $\lambda = \frac{h}{p}$

$h$  = Planckova konstanta

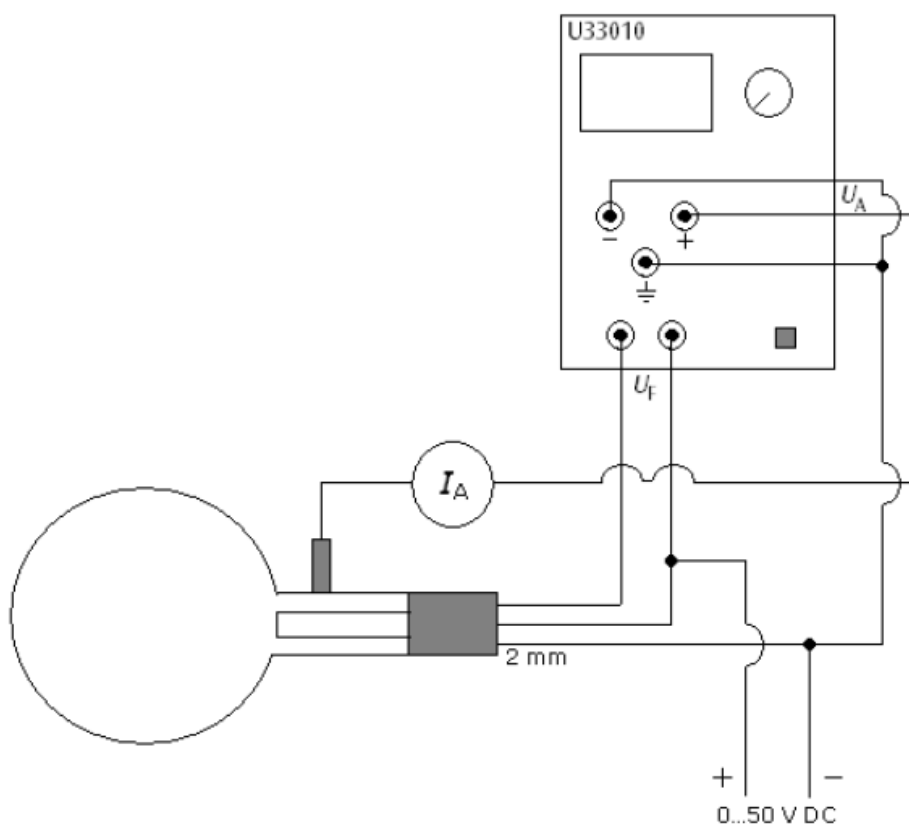
$p$  = impulz elektronů

$$e \cdot U = \frac{p^2}{2 \cdot m} \qquad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U}}$$

$m$  = hmotnost elektronů,  $e$  = elementární náboj



Obr. 1 Schematické zobrazení Debye-Scherrerova ohybu



Obr. 2 Zapojení demonstrační elektronové trubice, 0 – 50 V DC zaostřovací napětí (volitelně)