

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktiku 3

Zpracoval: Radek Žemlička

Naměřeno: 9. dubna 2009

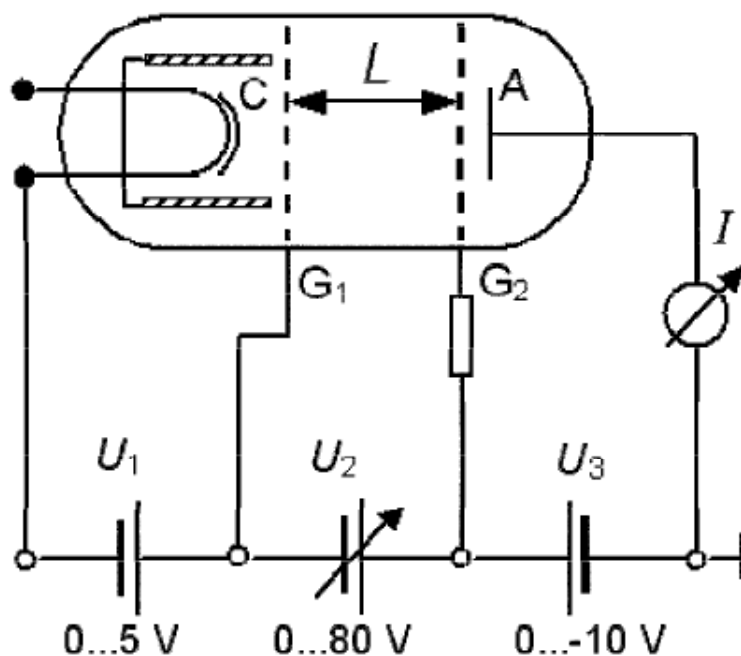
Obor: F **Ročník:** II **Semestr:** IV

Testováno:

Úloha č. 6: Franck - Hertzův experiment

1. Teorie

Při srážce atomu s jinou energetickou částicí (například elektronem) může být část jejich vzájemné kinetické energie pohlcena atomem. Tato energie poslouží elektronu z elektronového obalu atomu k přechodu do vyššího energiového stavu. (Po krátké době se obvykle elektron vrací do základního stavu, přičemž získanou energii ztratí emisí jednoho, nebo více fotonů.) K takto popsané nepružné excitační srážce může dojít jen za předpokladu, že vzájemná energie srážejících se částic bude větší, než nejnižší excitační energie atomu.



Obrázek 1: Použité experimentální uspořádání Franc-Hertzova pokusu

Obrázek 1 znázorňuje uspořádání a zapojení pokusu. Uvnitř vakuové trubice je umístěna žhavená katoda C , dvě mřížky G_1 a G_2 vzdálené L a anoda A . Malé napětí U_1 mezi katodou C a první mřížkou G_1 slouží ke stabilizaci experimentu. Urychlující napětí U_2 mezi mřížkami G_1 a G_2 slouží k nastavení energie elektronů. Elektrony jsou pak zpomalovány napětím U_3 mezi mřížkou G_1 a anodou A . Pokud

se elektron nepružně srazí v blízkosti mřížky G_2 , zpomalovací napětí U_3 může způsobit, že elektron již nedopadne na anodu A , ale dopadne na mřížku G_2 . Trubice byla plněna neonem. Napětí U_1 a U_3 bylo možné nastavit na požadovanou hodnotu. Napětí U_2 bylo možné buď nastavit na požadovanou hodnotu, nebo generovat ve tvaru pily.

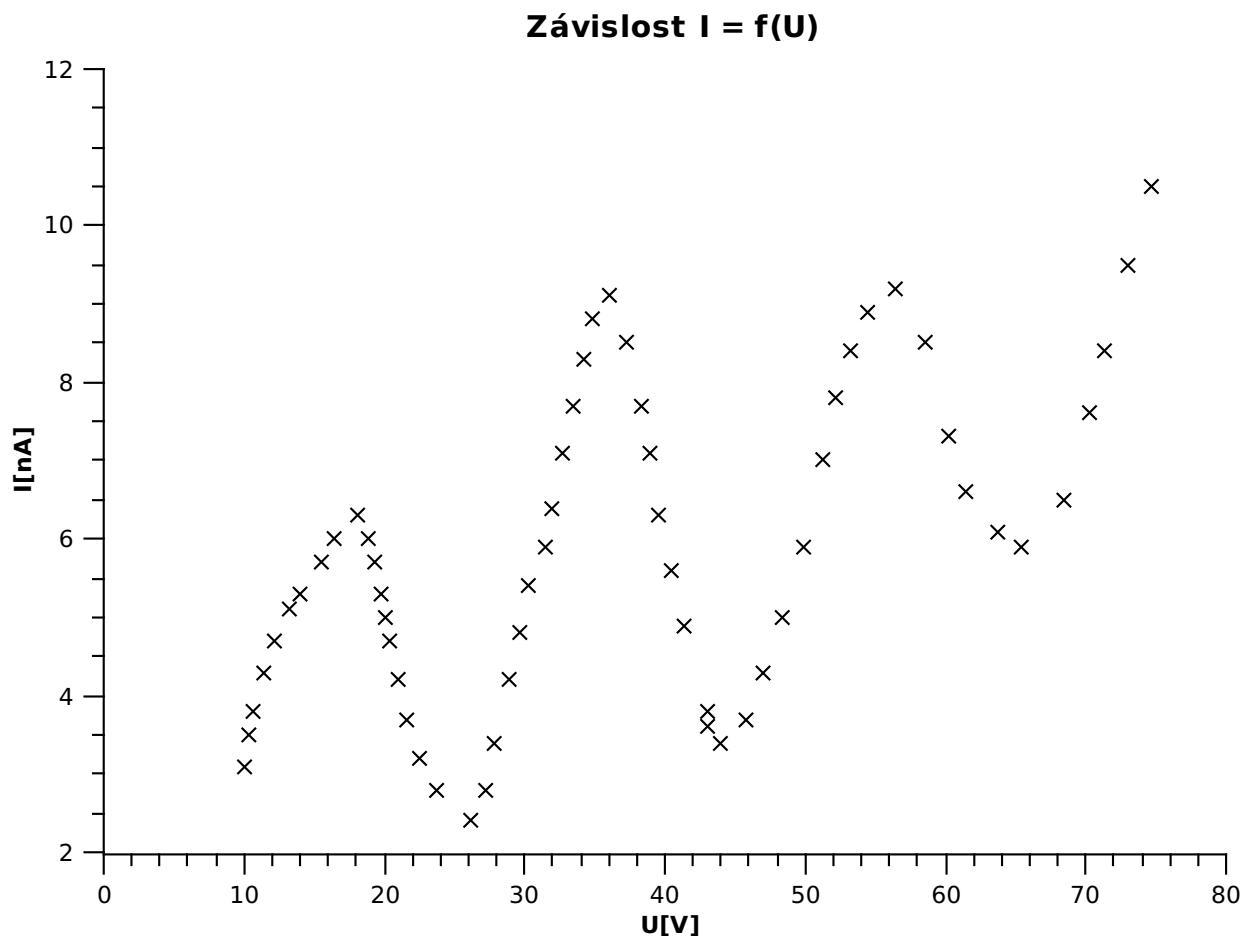
Bylo pozorováno, že závislost kolektorového proudu na urychlujícím napětí vykazuje několik skoků, které se periodicky opakují. U prvního skoku totiž dochází k excitaci nejnižší energiové hladiny, u druhého pak energie elektronu vyslaného z katody poslouží k excitaci nejnižší energiové hladiny dvakrát a tak dál. Je zřejmé, že Franck-Hertzův experiment umožňuje měřit pouze nejnižší energiové hladiny.

2. Měření

Byla měřena závislost proudu I na napětí U_2 při různých hodnotách napětí U_1 a U_3 . Závislost proudu I na napětí U_2 při nejideálnějších hodnotách napětí U_1 a U_3 (tedy, když byl jev nejvýraznější) byla zaznamenána a zpracována.

2.1. Záznam a zpracování naměřených hodnot

$U[V]$	$I[nA]$	$U[V]$	$I[nA]$	$U[V]$	$I[nA]$
10,1	3,1	26,2	2,4	43,1	3,6
10,4	3,5	27,2	2,8	43,9	3,4
10,7	3,8	27,8	3,4	45,8	3,7
11,4	4,3	28,9	4,2	47,0	4,3
12,2	4,7	29,6	4,8	48,4	5,0
13,2	5,1	30,3	5,4	49,1	5,9
14,0	5,3	31,5	5,9	51,3	7,0
15,5	5,7	31,9	6,4	52,1	7,8
16,5	6,0	32,7	7,1	53,2	8,4
18,1	6,3	33,4	7,7	54,4	8,9
18,8	6,0	34,2	8,3	56,4	9,2
19,3	5,7	34,8	8,8	58,5	8,5
19,7	5,3	36,0	9,1	60,3	7,3
20,1	5,0	37,3	8,5	61,5	6,6
20,4	4,7	38,3	7,7	63,7	6,1
21,0	4,2	39,0	7,1	65,4	5,9
21,6	3,7	39,6	6,3	68,5	6,5
22,5	3,2	40,5	5,6	70,3	7,6
23,7	2,8	41,4	4,9	71,4	8,4
26,2	2,4	43,0	3,8	73,0	9,5
				74,7	10,5



2.2. Diskuze

Součástí úkolu bylo experimentování s hodnotami U_1 a U_3 . Bylo třeba nalézt takové hodnoty, aby byl zkoumaný jev co nevýraznější. Toto experimentální zjištění, má být potom diskutováno. Nejprve bylo zjištěno, že při maximální hodnotě U_3 jsou zkoumané poklesy proudu nejvýraznější. Vysvětlení je vlastně naznačeno již v návodu. Tedy: „Pokud se elektrony nepružně srazí v blízkosti mřížky G_2 , zpomalovací napětí může způsobit, že elektron již nedopadne na anodu A , ale na mřížku G_2 “. Tedy, pokud by elektron na své cestě získal kinetickou energii právě $e \cdot (U_1 + U_2)$ a U_3 by se blížilo (zdola samozřejmě) hodnotě $U_1 + U_2$, pak by sebemenší ztráta energie, jako důsledek nepružné srážky někde na cestě (resp. na mřížce), způsobila, že elektron již nedoputuje k anodě, tedy se již nebude podílet na proudu, který tak klesne na nejmenší možnou hodnotu, jakou může zkoumaný jev vyvolat. Ještě větší hodnota U_3 by samozřejmě tok elektronů z katody na anodu zastavila úplně, jelikož však takového napětí u naše experimentu ani nešlo dosáhnout, je zřejmé, že nejvyšší možná hodnota U_3 je zároveň tou nejideálnější. Přirozenou otázkou je, jak se na poklesu proudu projeví pružné srážky. Pokud k takovým srážkám nějakým způsobem skutečně dochází, tak by se měly projevit právě ve chvíli, kdy se U_3 blíží $U_1 + U_2$. Díky nim by proud klesal stejně bez ohledu na velikost U_2 , čímž by původně zkoumaný jev přestával být tolik výrazný. Ideální hodnota U_3 by proto měla být o něco menší. To však z výše zmíněných důvodů nebylo v našem experimentu možné prověřit.

Bylo zjištěno, že velikost měřeného proudu rostla s rostoucí hodnotou U_1 . Vysvětlení této skutečnosti spočívá pravděpodobně pouze v tom, že toto napětí pomáhá excitovat elektrony ze žhavené katody a čím je napětí větší, tím je tento efekt výraznější. Dále bylo zjištěno, že je možné naměřit nejvíce peaků při konkrétní hodnotě napětí $U_1 = 5,5\text{V}$. Vysvětlení je dle mého názoru následující. Jak už bylo řečeno, elektron na své cestě od katody k mřížce získá kinetickou energii $e \cdot (U_1 + U_2)$. K největšímu množství nepružných srážek dochází při konkrétních hodnotách této energie. Experiment spočívá v měření závislosti proudu na napětí U_2 v rozsahu 0 až 80 voltů. Napětí U_1 tedy jen mění rozsah zku-

maných energií o konstantu. Jeho ideální velikost nepřináší žádnou principiálně důležitou informaci, je jen jakousi vlastností měřících přístrojů.

3. Závěr

Vzhledem k výše popsanému charakteru Franck-Hertzova pokusu byly pro zjištění nejnižší excitační energie pouze odečteny a zprůměrovány rozdíly hodnot nejbližších minim V-A charakteristiky. Z naměřených hodnot byla určena nejnižší excitační energie na hodnotu $E = 17,2V$. Podle dat z National Institute of Standards and Technology je tato hodnota rovna $E = 16,6V$. Vzhledem k tomu, že jsou si tyto hodnoty blízké, a že graf vykreslující závislost měřených hodnot je hezký a názorný, dovoluji si toto měření prohlásit za úspěšné.