

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## Praktikum IV

Úloha č. A2

Název: Studium ionizačních komor

Pracovala: Zuzana Hrbáčková stud.sk.: FOF dne: 30.10.2006

Odevzdal dne: .....

**Hodnocení:**

Připomínky:

kapitola referátu	možný počet bodů	udělený počet bodů
Teoretická část	0 - 3	
Výsledky měření	0 - 9	
Diskuse výsledků	0 - 5	
Závěr	0 - 2	
Seznam použité literatury	0 - 1	
<b>Celkem</b>	max. 20	

Posuzoval:.....

dne: .....

## Pracovní úkol :

1. Proved'te graduaci stupnice elektrometru ve voltech a stanovte jeho citlivost.
2. Změřte charakteristiku komory pro záření alfa.
3. Stanovte relativní aktivity dvou zářičů alfa.
4. Změřte ionizační proud komory pro záření alfa v závislosti na vzdálenosti elektrod kondenzátoru. Vysvětlete naměřenou závislost.
5. Stanovte relativní aktivity dvou zářičů beta.

## Teorie :

Měřit a srovnávat aktivity radioaktivních zářičů lze pomocí jejich ionizačních účinků záření v plynech. Ionizující částice v prostoru mezi deskami kondenzátoru vytváří podél své dráhy letu kladné a záporné ionty, které jsou elektrickým polem uváděny do pohybu směrem k elektrodám. Vzniká tak ionizační proud.

Charakteristikou komory nazýváme závislost ionizačního proudu na napětí vloženém na desky kondenzátoru. V běžných případech má při konstantní intenzitě ionizujícího záření typický průběh, který lze rozdělit do následujících oblastí.

- *Oblast Ohmova zákona* - ionizační proud roste úměrně s napětím.
- *Oblast nasyceného proudu* - je charakterizovaná stálou hodnotou ionizačního proudu.
- *Oblast proporcionálnosti* - vzniklé ionty jsou natolik urychlovány, že nárazem na neutrální molekuly vytvářejí ionty. Tedy proud je úměrný počtu iontů.
- *Geigerova oblast* - v komoře dochází k samostatnému výboji. Původní ionizace slouží jenom jako podmět k lavinové reakci.

V úloze se používá nízkotlaká komora s konstantní ionizací. Je to vlastně vzduchový kondenzátor. Působením ionizačního záření se udržuje konstantní ionizační proud, kterým se komora vybíjí. Velikost ionizačního proudu se měří pomocí elektrometru, na němž se zjišťuje časová změna napětí. Proto musíme provést graduaci, abychom zjistili závislost přiloženého napětí  $U$  na dílcích elektrometru  $d$ , která je dána vztahem

$$U = f(d) \approx kd, \quad (1)$$

kde  $k$  je hledaná převodová konstanta.

Vzduch v ionizační komoře není za obvyklých podmínek dokonalým izolátorem. Díky různým důvodům (kosmické záření, stopová množství radioaktivních prvků atd.) se komora samovolně vybíjí. Ionizační proud tedy získáme jako rozdíl vybíjecího a svodového proudu

$$I = \left[ \left( \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right) - \left( \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)_s \right] = Ck \left[ \left( \frac{\Delta d}{\Delta t} \right) - \left( \frac{\Delta d}{\Delta t} \right)_s \right], \quad (2)$$

kde  $\Delta Q = CAU = CkAd$  je pokles náboje na kondenzátoru za dobu  $\Delta t$ ,  $C$  je kapacita kondenzátoru,  $\Delta U$  či  $\Delta d$  je pokles napětí a příslušný pokles dílků za dobu  $\Delta t$ .

Při měření závislosti ionizačního proudu na vzdálenosti desek kondenzátoru je třeba naměřené hodnoty vybíjecího proudu korigovat nejen na svodový proud, ale i na změnu kapacity kondenzátoru. Závislost kapacity kondenzátoru na vzdálenosti elektrod  $h$  zjistíme změřením závislosti  $U(h) = Q/C(h)$ , kdy náboj na kondenzátoru udržujeme konstantní.

Ionizační proud protékající komorou pro záření  $\alpha$  je dán změnou náboje kondenzátoru za jednotku času a je také úměrný celkové energii, kterou všechny  $\alpha$  částice ztratí v účinném objemu komory. Pro monoenergetické  $\alpha$  záření je tato energie dána součinem počtu ionizujících částic a jejich kinetických energií. Pro aktivitu neznámého zářiče tak musí platit

$$\frac{AT_0}{I} = \frac{A^0 T_0^0}{I^0} = konst., \quad \frac{A}{A^0} = \frac{I}{I^0} \frac{T_0^0}{T_0} \quad (3)$$

kde  $A$  je aktivita zářiče a  $T_0$  je kinetická energie z něj vyletujících částic  $\alpha$ . Horním indexem jsou označeny veličiny referenčního  $\alpha$  zářiče.

Vztah pro srovnávací měření aktivit dvou  $\beta$  zářičů je obdobný, kdy navíc se ve vzorci vyskytuje poměr četnosti  $\beta$ -částic absorbovaných v komoře. Avšak stejně jako v prvním případě, vzhledem k tomu že proměřujeme dva stejné izotopy, se redukuje určení poměru aktivit na poměr příslušných ionizačních proudů.

## Výsledky měření :

Svodový proud jsem vypočetla z hodnot, které byly k dispozici přiměřeni :

Svod  $\alpha$  - komory: 4 dílky za 34 min  $\Rightarrow I_S = 19,6 \text{ mA/F}$

Svod  $\beta$  - komory: 3 dílky za 29 min  $\Rightarrow I_S = 107,4 \text{ mA/F}$

Provedla jsem graduaci stupnice elektrometru. Naměřená hodnoty jsou zahrnuty v tabulce č.1.

Tabulka č.1 – Graduace elektrometru

Dílky d	90	80	70	60	50	40	30	20	10
U[V]	93	84	74	64	54	43	32	22	10

Citlivost elektrometru  $k$ , ze vztahu (1), byla zjištěna z lineární regrese :

$$k = (1,038 \pm 0,012) \text{ V/dílek.}$$

Dále jsem proměřila charakteristiku komory pro záření alfa. Celé měření probíhalo za konstantní vzdálenosti desek kondenzátoru  $d = 60 \text{ mm}$ . Nastavila jsem si napětí 99 V a stopovala na stopkách za jak dlouho poklesne vlákno elektrometru o 10 dílků. Naměřené hodnoty a výsledný ionizační proud (počítaný dle vztahu (2)) jsou zahrnuty v tabulce č.2. a v grafu č.1 je vynesena odpovídající závislost. A Chybu stupnice jsem odhadla na 1 dílek a měřeného času na 2 s.

Tabulka č.2 – Charakteristika alfa komory

U [V]	$\Delta d$ [dílky]	$\Delta t$ [s]	Proud I [mA/F]	$\sigma_I$ [mA/F]
99	10	31,2	331	35
88	10	33,7	306	32
78	10	34,9	296	31
67	10	39,9	258	27
57	10	47,1	218	23
47	10	55,0	187	19
36	10	63,3	162	17
26	10	72,4	141	15
16	10	98,1	104	11

Při určování relativní aktivity dvou zářičů alfa jsem měla nastavenou konstantní vzdálenost desek  $d = 50 \text{ mm}$  a napětí  $U = 99 \text{ V}$ . Proměřovala jsem čas, za který klesne vlákno o deset dílků. Naměřené hodnoty obou alfa zářičů jsou shrnuty v tabulce č.3.

Tabulka č.3 – Ionizační proud pro dva alfa zářiče

vzorek	$\Delta d$ [dílký]	t						$\langle t \rangle$ [s]	$\sigma_t$ [s]	I [mA/F]	$\sigma_I$ [mA/F]
		[s]									
1	10	26,9	23,4	20,5	28,5	26,0	30,1	25,9	3,5	399	110
2	10	264,0	240,3	259,2				254,5	12,5	39	6

Ze vztahu (3), když uvážíme stejné kinetické energie částic plyne pro relativní aktivitu  $A_1/A_2 = 10,3 \pm 3,0$

Pro měření ionizačního proudu v závislosti na vzdálenosti desek kondenzátoru musím do výpočtu zahrnout i kapacitu, která už v tomto případě nebude konstantní. Postupovala jsem tak, že jsem kondenzátor odpojila od zdroje a ponechala bez zářiče. Se změnou vzdálenosti desek se měnila i hodnota napětí. Náboj zůstává konstantní a mohu tedy zjistit relativní kapacity, které nám pro určení proudu v závislosti na vzdálenosti desek postačí. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č.4. Závislost je vynesena v grafu č.2.

Tabulka č.4 – Závislost kapacity na vzdálenosti desek

l [mm]	10	20	30	40	50	60
d [dílký]	62	83	92	97	99	100
Relativní kapacita	1	0,75	0,67	0,64	0,63	0,62

Závislost jsem měřila při napětí  $U=99$  V. V tabulce č.5 jsou uvedeny vypočtené hodnoty proudu pomoci (2), které jsou korigovány změnou kapacity a svodového proudu. Závislost je vynesena do grafu č.3. Chybu v měření času jsem odhadla na 1s.

Tabulka č.5 – Závislost proudu na vzdálenosti desek kondenzátoru

l [mm]	$\Delta d$ [dílký]	$\Delta t$ [s]	I [mA/F]	$\sigma_I$ [mA/F]
10	10	221,2	45	5
20	10	63,6	121	14
30	10	36,4	190	24
40	10	30,9	214	28
50	10	20,7	314	44
60	10	31,3	205	28

Pro stanovení relativní aktivity dvou beta zářičů jsem použila stejného vztahu jako pro alfa záření (viz. vysvětlení v teorii). Měřila jsem při vzdálenosti desek  $d = 50$  mm za stáleho napětí  $U = 99$  V. Naměřené a spočtené hodnoty jsou shrnuty v tabulce č.6.

Tabulka č.6 – Ionizační proud pro dva beta zářiče

Vzorek	$\Delta d$ [dílký]	t [s]			$\langle t \rangle$ [s]	$\sigma_t$ [s]	I [mA/F]	$\sigma_I$ [mA/F]
1	5	121	116,91	116,1	118,0	2,6	42	10
2	5	210,78	229,25	231,72	223,9	11,4	21	6

relativní aktivita :

$$A_1/A_2 = 2,0 \pm 0,6$$

## Diskuse :

Z grafu pro charakteristiku kondenzátoru je vidět, že se i pro nejvyšší napětí stále pohybujeme v oblasti Ohmova zákona, proto mohu měřit aktivity pro nejvyšší možné napětí, kterého dosáhnou.

Ve vzorcích pro výpočet systematických chyb  $I$  jsem používala jako chybu v určování dílků 1 dílek. A to z důvodu, že při měření se musela ryska neustále zaostřovat, což měnilo její polohu až o 2 dílky a samozřejmě jsem nebyla schopna určit, kdy je nejpřesněji zaostřeno. Pro čas jsem odhadla chybu 1s, kde je započtena nejen reakční doba člověka (0,1 s), ale hlavně čas, který přibližně odpovídá projití vlákna přes tloušťku rysky. Neboť bylo nesnadné určit přesně prostředek rysky.

Na grafu závislosti proudu na vzdálenosti desek vidíme, že proud roste až přibližně do vzdálenosti desek 50 mm a potom klesá. Toto je způsobeno, tím, že do 50 mm je přibližná střední volná dráha alfa částic, které tedy právě za tuto vzdálenost předají všechnu svoji energii a vznikne tedy více iontů. Při větších vzdálenostech stačí vzniknuté ionty opět rekombinovat a tím se snižuje proud.

Do chyby ionizačního proudu při výpočtu relativní aktivity jsem zahrнула nejen systematickou chybu, ale i statistickou, která se dala určit, neboť jsem měřila víc hodnot času.

## Závěr :

1. Provedla jsem graduaci elektrometru a z lineární regrese určila jeho citlivost :

$$k = (1,038 \pm 0,012) \text{ V/dílek.}$$

2. Proměřila jsem charakteristiku komory pro záření alfa. Viz. tabulka č.2 a graf č.1.

3. Podle vztahu (3) jsem stanovila relativní aktivity dvou zářičů alfa :

$$A_1/A_2 = 10,3 \pm 3.$$

4. Závislost byla proměřena viz tabulka č.5 a graf č.3.

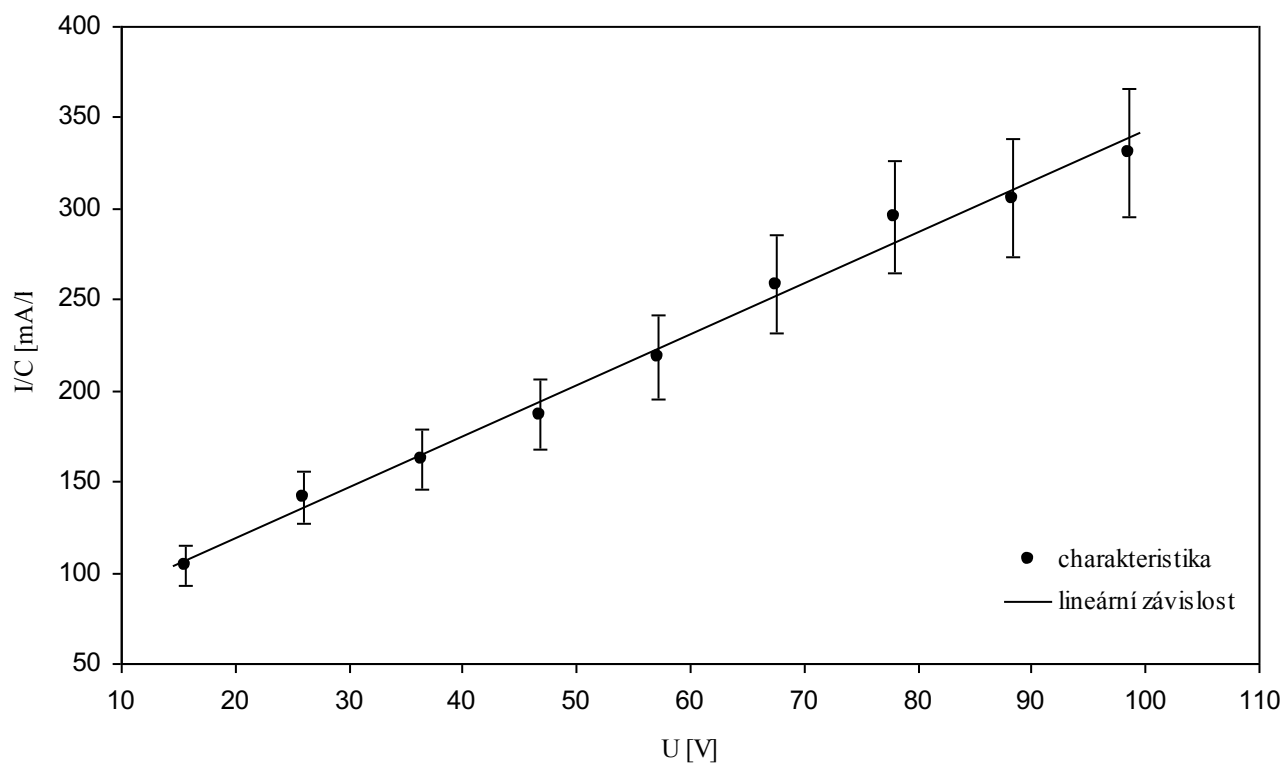
5. Podle vztahu (3) jsem stanovila relativní aktivity dvou zářičů beta :

$$A_1/A_2 = 2,0 \pm 0,6$$

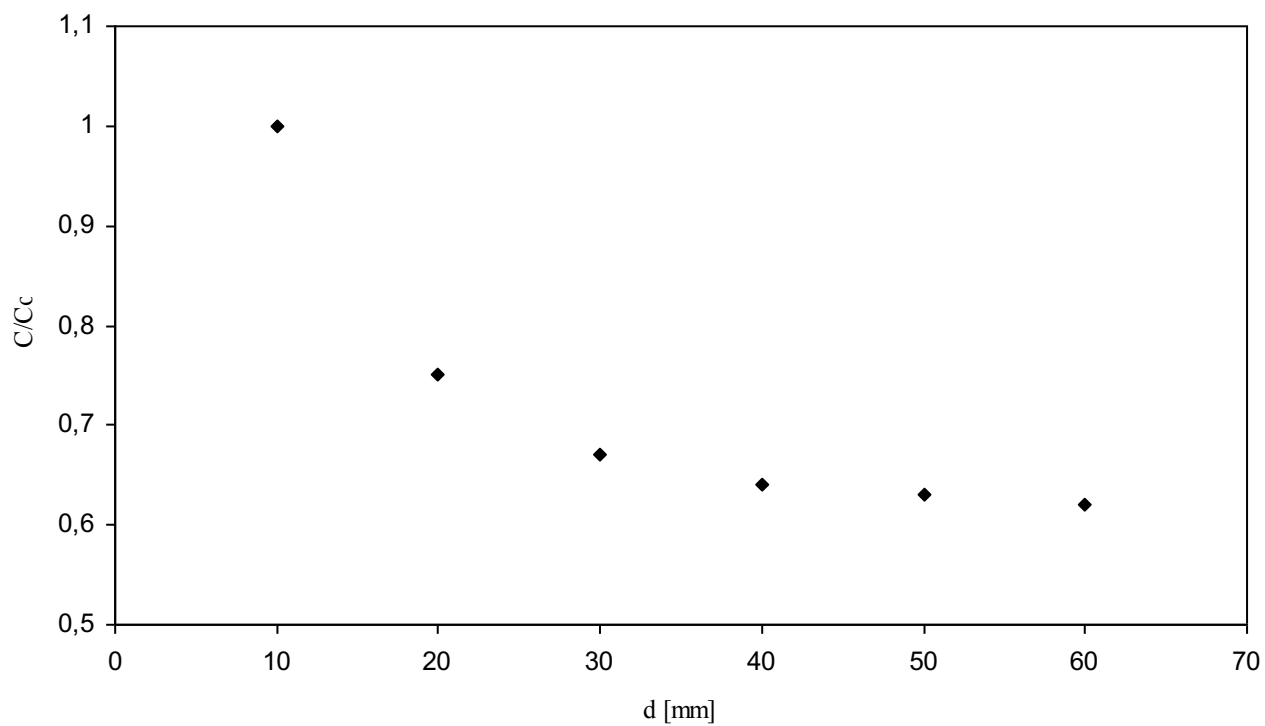
## Literatura :

[1] internetová stránka - [http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt\\_402.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_402.pdf)

Graf č.1 – Charakteristika alfa komory



Graf č.2 – Závislost kapacity na vzdálenosti desek kondenzátoru



Graf č.3 – Závislost ionizačního proudu na vzdálenosti desek kondenzátoru

