

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM Ústav fyziky FEKT VUT BRNO		Jméno a příjmení Maroš Cocuľa			ID 175302
		Ročník 1	Předmět IFY	Kroužek 12	Lab. skup. B
Spolupracoval Patrik Segedy		Měřeno dne 6.3.2015		Odevzdáno dne 20.3.2015	
Příprava	Opravy	Učitel		Hodnocení	
Název úlohy Fotoelektrický jav a Planckova konštanta					Číslo úlohy 24

2015

### ÚLOHA MERANIA:

- Stanovte Planckovu konštantu z meraní vonkajšieho fotoelektrického javu.
- Určite výstupnú prácu použitej fotonky.

### POUŽITÉ PRÍSTROJE A POMÔCKY:

Zosilňovač (PHYWE-13629), fotonka (PHYWE-06778), multimeter (PEAKTECH-2010DMM), sada filtrov (366,405,436,546,578 nm), prepojovací BNC kábel.

### TEORETICKÁ PRÍPRAVA:

#### **Planckova konštanta:**

Pri vysvetľovaní javov spojených so svetlom bolo nutné siahnúť k dvom rôznym spôsobom popisu. Difrakciu vysvetlíme vlnovú teóriu. Avšak rovnaká teória nedokáže objasniť fotoelektrický jav. Tento jav dokáže ale popísať kvantová teória, ktorá ale nedokáže predpovedať existenciu javov difrakcie. Svetlo vykazuje pri určení udalosti buď vlnovú, alebo časticovú povahu. Nikdy však oboje naraz.

Vlnenie je charakterizované frekvenciou  $f$  a vlnová dĺžka  $\lambda$ . Častice sú charakteristické energiou  $E$  a hybnosťou  $p$ . Vlnové a časticové povahy sú prepojené vzťahmi.

$$E = h * f \qquad p = h * \frac{f}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Spojovacím článkom oboch pováh je Planckova konštanta  $h$ . Hodnota tejto konštanty je  $h=6,626 \cdot 10^{-34}$  J.s. Objavuje sa aj v tvare:

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

Planckova konštanta sa môže objaviť aj spoločne s kruhovou frekvenciou  $\omega$ , potom platí vzťah:

$$E = \hbar * \omega$$

Plancková konštanta má rozmer hybnosti alebo akcie. Môžeme ju stanoviť z vonkajšieho fotoelektrického javu, alebo pomocou luminiscenčných diód.

#### **Fotoelektrický jav:**

Je to jav, pri ktorom sú uvoľňované z látky v dôsledku absorpcie elektromagnetického žiarenia látkou. Pokiaľ jav prebieha na povrchu látky, nazýva sa vonkajší fotoelektrický jav. Môže prebiehať aj vo vnútri látky, elektróny látku neopustia, ale zostanú v nej ako vodivostné elektróny.

#### **Vonkajší fotoelektrický jav:**

Pre každý materiál existuje určitá najnižšia frekvencia  $f_m$  žiarenia, pri ktorej sa ešte elektróny uvoľnia z látky. Pokiaľ je ale frekvencia menšia ako  $f_m$  tento fotoelektrický jav nenastane. To isté môžeme formulovať aj pomocou vlnovej dĺžky, s rozdielom že vlnová dĺžka  $\lambda$  musí byť väčšia ako  $\lambda_m$ , aby jav nenastal.

## PRINCÍP METÓDY MERANIA:

Fotoelektrónu ktorý opustí látku ostáva kinetická energia  $E_K$ .

$$E_K = h * f - W = \frac{h * c}{\lambda} - W$$

Práca  $W$  udáva prácu potrebnú na uvoľnenie elektrónu z látky. Po ustálení je elektrón úplne zastavený brzdným napätím  $eU_B$ . Pričom elementárny náboj elektrónu  $e=1,602*10^{-19}$

$$eU_B = E_K = (h * f) - W$$

Z toho vieme vypočítať napätie  $U_B$

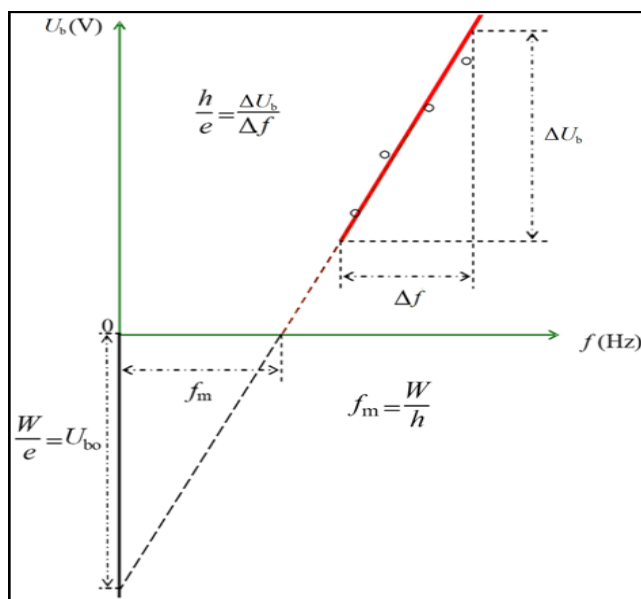
$$U_b = f \cdot \frac{h}{e} - \frac{W}{e} = f \cdot \frac{h}{e} - f_m \cdot \frac{h}{e} = (f - f_m) \cdot \frac{h}{e}$$

Planckovu konštantu získame zo smernice priamky, ktorú popisuje vyššie uvedená rovnica.

$$h = e * \frac{dU_b}{df} = e * \frac{\Delta U_B}{\Delta f}$$

Výstupnú prácu získame z hodnoty medznej frekvencie  $f_m$ .

$$W = h * f_m$$



1: Závislosť  $U_b$  na frekvencii  $f$

## POSTUP MERANIA:

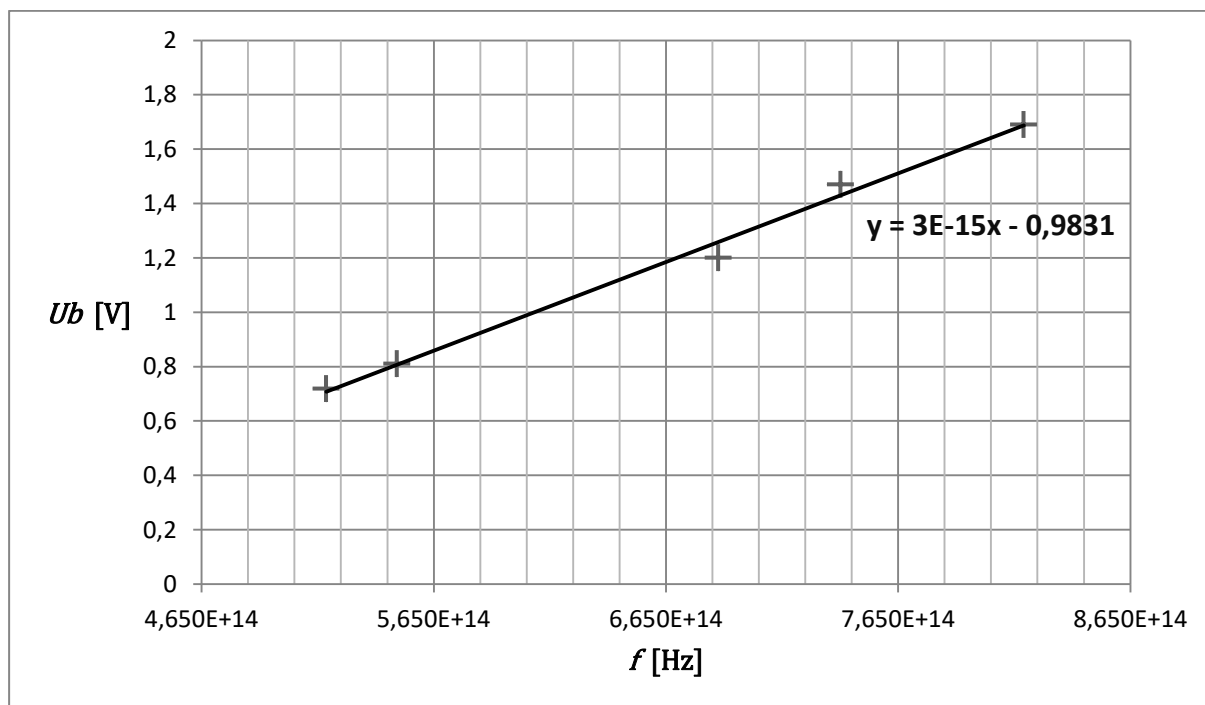
1. Pomocou potenciometra na zosilňovači sme znížili prúd tečúci fotonkou na nulu.
2. Vložili sme prvý optický filter.
3. Vysunuli sme optickú clonu a na meracom prístroji sme zmerali napätie  $U_B$ . Ak napätie nebolo s dostatočnou rezervou v rozpätí 0-10V, zvýšili sme časovú konštantu zosilňovača.
4. Opakovali sme krok 3 pre všetky ostatné filtre.

## TABUĽKA NAMERANÝCH HODNÔT:

$\lambda$ [nm]	$U_b$ [V]	$f$ [Hz]
366	1,69	8,191E+14
405	1,47	7,403E+14
436	1,20	6,876E+14
546	0,81	5,491E+14
578	0,71	5,187E+14

1:Tabuľka nameraných hodnôt  $U_b$

## GRAF:



2:Závislosť brzdného napätia na frekvencii

## VÝPOČTY:

### 1. Výpočet frekvencie $f$ :

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2,998 * 10^8 \text{ms}^{-1}}{366} = 8,191 * 10^{14} \text{ Hz}$$

Za hodnotu  $c$  dosadíme rýchlosť šírenia svetla vo vákuu:  $2,998 * 10^8 \text{ m*s}^{-1}$  a za hodnotu  $\lambda$  jednotlivé hodnoty filtrov.

### 2. Výpočet medznej frekvencie $f_m$ :

$$U_B(f_m) = 0V$$

Vychádzame z grafického zobrazenia a regresnej priamky grafu:

$$U_B(f) = 3 * 10^{-15} - 0,9831$$

$$3 * 10^{-15} * f_m - 0,9831 = 0$$

$$f_m = \frac{0,9831}{3 * 10^{-15}}$$

$$f_m = 3,2771 * 10^{14} \text{ Hz}$$

### 3. Výpočet Planckovej konštanty $h$ :

$$h = e * \frac{\Delta U_B}{\Delta f} [J * s]$$

$\Delta U_B$  vypočítame ako :  $U_{b4} - U_{b5} = 0,811 - 0,719 = 0,092 V$

$\Delta f$  vypočítame ako :  $f_4 - f_5 = 5,4908 * 10^{14} - 5,1869 * 10^{14} = 0,3039 * 10^{14} Hz$

Pričom  $e = 1,602 * 10^{-19} C$

Dosadíme:

$$h = 1,602 * 10^{-19} * \frac{0,092}{0,3039 * 10^{14}} = 6,6121 * 10^{-34} Js$$

#### 4. Výpočet práce fotónky W:

$$W = f_m * h [J]$$

$$W = 3,2771 * 10^{14} * 6,6121 * 10^{-34} = 2.1669 * 10^{-19} J = 1.3523 eV$$

#### **ZÁVER:**

Našou úlohou bolo zmerať Planckovu konštantu na základe nameraných hodnôt  $U_b$ . Hodnota vypočítanej Planckovej konštanty sa líši od skutočnej hodnoty o  $1,39 * 10^{-34}$ . Následne sme vypočítali prácu fotónky :  $W = 1,3523 eV$ .

Odchýlky v meraní mohli byť zapríčinené zlým zaokrúhlením hodnôt pri odčítaní na meracom prístroji, nepresným nulovaním meracieho zosilňovača, vzdialenosťou medzi osvetľovacou výbojkou a prípravkom, či prehrievaním prístrojov ktorému počas merania nešlo predísť. Na meranie mohlo mať malý vplyv aj to, že sme merali v prostredí s okolným svetlom, či čiastočné zaokrúhľovanie hodnôt pri výpočtoch.