

Úkol měření

- 1) Na základě vnějšího fotoelektrického pole stanovte velikost Planckovy konstanty h .
- 2) Určete mezní kmitočet a výstupní práci materiálu fotokatody použité fotonky. Porovnejte tuto hodnotu s výstupními pracemi jiných materiálů a odhadněte, z jakého materiálu je tato fotokatoda vyrobená.
- 3) Vypracujte graf závislosti kinetické energie elektronu na frekvenci záření $W_k = f(\nu)$.
- 4) Změřte závislost fotoelektrického proudu na velikosti brzdícího potenciálu pro tři vlnové délky.
- 5) Vypracujte grafy změřené závislosti fotoelektrického proudu na velikosti brzdícího potenciálu.
- 6) Porovnejte hodnotu změřené Planckovy konstanty s tabulkovou hodnotou a rozdíly zhodnoťte.
- 7) Měření a zpracování dat proveďte zvlášť pro obě instalované měřicí aparatury.

Použité přístroje a pomůcky

Spekol - Nr.: 770 651;
Souprava s výbojkou (rtuťovou), monochromatickými filtry a vakuovou fotonkou;
Voltmetr - TP=0,5 ; 5000Ω / V ; použitý rozsah: do 1,2V;
Voltmetr - digitální multimetr Hung Chang HC – 5050DB; užitý rozsah: do 2V; TP = 3;
Voltmetr - True RMS multimeter model 700T; použitý rozsah do 2V;

Tabulky a výpočty

a) Stanovení Planckovy konstanty (h) (SPEKOL)

λ (nm)	ν (Hz)	U_{Pi} (V)	$W_k=e \cdot U_{Pi}$ (eV)
375	7,9947E+14	0,98	1,5700
400	7,4950E+14	0,98	1,5700
408	7,3480E+14	0,82	1,3136
425	7,0541E+14	0,74	1,1855
436	6,8761E+14	0,69	1,1054
450	6,6622E+14	0,65	1,0413
475	6,3116E+14	0,55	0,8811
546	5,4908E+14	0,35	0,5607
578	5,1869E+14	0,31	0,4966

Vypočtené hodnoty: (stanoveny na základě metody nejmenších čtverců pomocí webových aplikací na <http://herodes.feld.cvut.cz>, pro úplnost uvádím základní vzorce – platí i pro druhé měření)

$$W_k = eU_p = h^* \nu - A^*$$

$$h^* = \frac{n \sum_{i=1}^n \nu_i e U_{pi} - \left(\sum_{i=1}^n \nu_i \right) \left(\sum_{i=1}^n e U_{pi} \right)}{n \sum_{i=1}^n (\nu_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \nu_i \right)^2}$$

$$A^* = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e U_{pi} + h^* \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \nu_i$$

$$U_p = A/h$$

Závislost maximální kinetické energie e^- na frekvenci (SPEKOL)
$h = 4.132E-34$ Js
$A = 1.695E-19$ J
$\nu_p = 4.103E+14$ Hz
$\vartheta_h = 1.9E-35$ Js
$\vartheta_A = 1.3E-20$ J
$\vartheta_{vp} = 3.6E+13$ Hz

b) Stanovení Planckovy konstanty (h) (Souprava s výbojkou a monochrom. filtry)

λ (nm)	u (Hz)	U_{Pi} (V)	$W_k=e \cdot U_{Pi}$ (eV)
408	7,3480E+14	0,979	1,5684
436	6,8761E+14	0,812	1,3008
546	5,4908E+14	0,374	5,9915
578	5,1869E+14	0,255	0,4085

Závislost maximální kinetické energie e^- na frekvenci (Soustava s monochr. filtry)
$h = 5.274E-34$ Js
$A = 2.316E-19$ J
$\nu_p = 4.392E+14$ Hz
$\vartheta_h = 6.6E-36$ Js
$\vartheta_A = 4.2E-21$ J
$\vartheta_{vp} = 9.6E+12$ Hz

c) Závislost fotoelektrického proudu na velikosti brzdícího potenciálu

Výchylka (*) (-fotoel. proud)	U_{Pi} ($\lambda = 375$ nm)	U_{Pi} ($\lambda = 436$ nm)	U_{Pi} ($\lambda = 578$ nm)
0 až 100 dílků (μA)	(V)	(V)	(V)
100	0	0	0
90	0,06	0,05	0,02
80	0,12	0,09	0,03
70	0,18	0,14	0,05
60	0,26	0,18	0,07
50	0,33	0,24	0,09
40	0,41	0,30	0,11
30	0,51	0,36	0,13
20	0,62	0,44	0,17
10	0,77	0,55	0,22
0	0,97	0,71	0,33

(*)Výchylka odpovídá proudu fotonkou, na přístroji to vypadá, jako kdyby výchylka 100 odpovídala 100 μA , potvrzoval to i asistent, ale raději v grafu vyjadřuji závislost na výchylce. Proud je jinak jistě dán poměrem odporů u přístroje)

(grafy – viz vložené listy)

Závěr

Zhodnotíme-li čeho jsme měřením dosáhli, tak:

Planckova konstanta: $h = (4,13 \pm 0,19) \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ (Spekol)
 $h = (5,274 \pm 0,066) \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ (S monochr. filtry)

Žádná z námi zjištěných hodnot nezapadá ani při uvažování tolerančních pásem do „správné“ hodnoty Planckovy konstanty ($6,62 \cdot 10^{-34}$). U Spekolu je tato odlišnost výraznější a to díky tomu, že fotonka již využívá je plněna plynem, což zanáší systematickou chybu měření (kinetická energie emitovaných elektronů se sníží srážkami s molekulami plynu. Na grafu $W_k = f(\nu)$ je např. vidět, že i když má vyjít přímka, tak podíváme – li se na body měřené Spekolem, vidíme „lehkou“ nelinearitu (Kinetická energie emitovaných elektronů, naměřená pomocí brzdného potenciálu U_p , je menší než kinetická energie hned po emisi a její závislost na kmitočtu dopadajícího záření není přesně lineární. => změřená h nižší než skutečná. (Spekol původně určen pro měření při malých intenzitách světla s „urychlovacím napětím“)). Také tato rovnost:

$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + A$, představuje bilanci energie jen v ideálním, mezním případě, kdy energie

dopadajícího fotonu je celá předána jedinému elektronu a žádná její část není ani potom přenesena na jiné elektrony. Alespoň jsme se ale přiblížili skutečné hodnotě a to s pomocí soupravy s vakuovou fotonkou.

Mezní kmitočet (ν_m) a výstupní práce (A) materiálu fotokatody:

Spekol: $\nu_m = (4,10 \pm 0,36) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $A = (1,70 \pm 0,13) \text{ eV}$

materiál:

$\lambda_m = c/\nu_m = 731 \text{ nm}$ je v intervalu: $\langle 672 ; 800 \rangle \text{ nm}$

A je v intervalu: $\langle 1,57 \cdot 10^{-19} ; 1,83 \cdot 10^{-19} \rangle \text{ eV}$

=> takže materiál fotokat. odhaduji na: Cesium: ($A = 1,93 \text{ eV}$; $\lambda_m = 642 \text{ nm}$).

(Rubidium má totiž ($A = 2,13 \text{ eV}$; $\lambda_m = 582 \text{ nm}$), což už nevychází a Alkalické kovy jsou jediné, kde dochází k fotoefektu již na frekvencích záření viditelného světla, takže jiná možnost v podstatě není.)

Soustava s monochr. filtry a vakuovou fotonkou:

$\nu_m = (4,392 \pm 0,096) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $A = (2,316 \pm 0,042) \text{ eV}$

materiál:

$\lambda_m = 683 \text{ nm}$ je v intervalu: $\langle 668 ; 698 \rangle \text{ nm}$

A je v intervalu: $\langle 2,274 \cdot 10^{-19} ; 2,358 \cdot 10^{-19} \rangle \text{ eV}$

odhaduji ?Cesium? - ($A = 1,93 \text{ eV}$; $\lambda_m = 642 \text{ nm}$).

Případné další nepřesnosti mohly být způsobeny nepřesnostmi při odečítání, zvláště tato chyba může nastat u Spekolu, kde je ručkový ukazatel.

Závislost fotoelektrického proudu na velikosti brzdícího potenciálu byla měřena pouze na Spekolu. Grafy na třech vlnových délkách jasně ukazují, s rostoucím brzdícím potenciálem klesá proud fotonkou a také s jakou tendencí.

