

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

KATEDRA FYZIKY

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Jméno **Miroslav Tržil**

Datum měření **31.10.2017**

Stud. rok **2017-2018**

Ročník **Druhý**

Datum
odevzdání **14.10.2017**

Stud. skupina **1-102-1021**

Lab. skupina **9**

Klasifikace

Číslo úlohy **8**

Název
úlohy

Studium fotoefektu a stanovení Planckovy konstanty

1. Úkol měření

- Na základě měření vnějšího fotoelektrického jevu stanovte velikost Planckovy konstanty h .
- 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 vyrobena.
- Určete nejistotu měření pro všechny veličiny určené v bodech 1 a 2
- Vypracujte graf závislosti maximální kinetické energie elektronů na frekvenci záření $W_k = f(\vartheta)$.
- Změřte závislost fotoelektrického proudu na velikosti brzdného potenciálu pro dvě vlnové délky.
- Do jednoho grafu vynesete pro obě vlnové délky změřené závislosti fotoelektrického proudu na velikosti brzdného potenciálu.
- Porovnejte hodnotu změřené Planckovy konstanty s tabulkovou hodnotou a rozdíl zhodnoťte.
- Měření a zpracování dat v bodech 1-7 proveďte zvlášť pro obě instalované měřící aparatury, závislosti $W_k = f(\vartheta)$ vynesete do jednoho (společného) grafu. Body 5-6 provádějte pouze pro soupravu se spektrálním fotometrem Spekol.

2. Použité pomůcky

- Soustava se spektrálním fotometrem Spekol
 - Fotonka je plněná plynem – může ovlivnit výsledek
 - Nejmenší dílek stupnice pro měření proudu: $1 \mu A$
 - Nejmenší dílek stupnice pro nastavení vlnové délky světla: $1 nm$
- Digitální multimetr MY – 64
 - Měřeno napětí v rozsahu do 2V, nejistota: $\pm 5\%$ z údaje ± 1 digit
- Souprava s výbojkou a monochromatickými filtry
- Multimetr Hang chang HC-5050DB
 - Měřeno napětí v rozsahu do 2V, nejistota: 15% z údaje ± 5 digit

3. Postup měření

- K měření jsme měli k dispozici 2 různé aparatury: spektrální fotometr Spekol a soupravu s výbojkou a monochromatickými filtry. Na první soupravě jsme měřili závislost fotoelektrického proudu na brzdném napětí a maximální kinetickou energii elektronu na vlnové délce světla. Na druhé soupravě jsme měřili pouze maximální kinetickou energii elektronu na vlnové délce světla.
- Detailní postup je k nalezení v zadání úlohy¹. Uvedu zde pouze poznámku k měření na ručičkovém měřáku se zrcátkem, je důležité nastelovat hlavu tak, aby obraz ručičky byl v zákrytu s ručičkou samotnou (je vidět pouze jedenkrát). Díky tomu víme, že se na měřák nekoukáme z boku a odečítáme hodnotu, kterou nám měřák ukazuje.

4. Použité veličiny a konstanty

- | | | | |
|---------------|---|-------|--|
| • λ | vlnová délka | [mm] | nastavováno na fotometru |
| • I | fotoelektrický proud | [A] | měřeno na fotometru |
| • U | kompenzační napětí | [V] | měřeno multimetrem MY-64 a HC-5050DB |
| • h | Planckova konstanta | [eV] | |
| • A | Výstupní práce | [eV] | |
| • W_k | kinetická energie emitovaného elektronu | [eV] | |
| • ϑ | kmitočet dopadajícího světla | [PHz] | |
| • c | rychlost světla ve vakuu | | $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ |

¹ <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/navody/planck.pdf> 13.11.17

5. Stanovení Planckovy konstanty h a výstupní práce

- Tabulky naměřených hodnot

Spektrální fotometr Spekol		
$\lambda[\text{nm}]$	$U[\text{V}]$	$\vartheta[\text{PHz}]$
375	1,2206	0,7995
400	1,0084	0,7495
425	0,8521	0,7054
450	0,7330	0,6662
475	0,6382	0,6312

Souprava s monochromatickými filtry		
$\lambda[\text{nm}]$	$U[\text{V}]$	$\vartheta[\text{PHz}]$
408	1,058	0,7348
436	0,869	0,6876
546	0,423	0,5491
578	0,314	0,5187

- Kde pro kmitočet dopadajícího světla platí:

$$\vartheta = \frac{c}{\lambda}$$

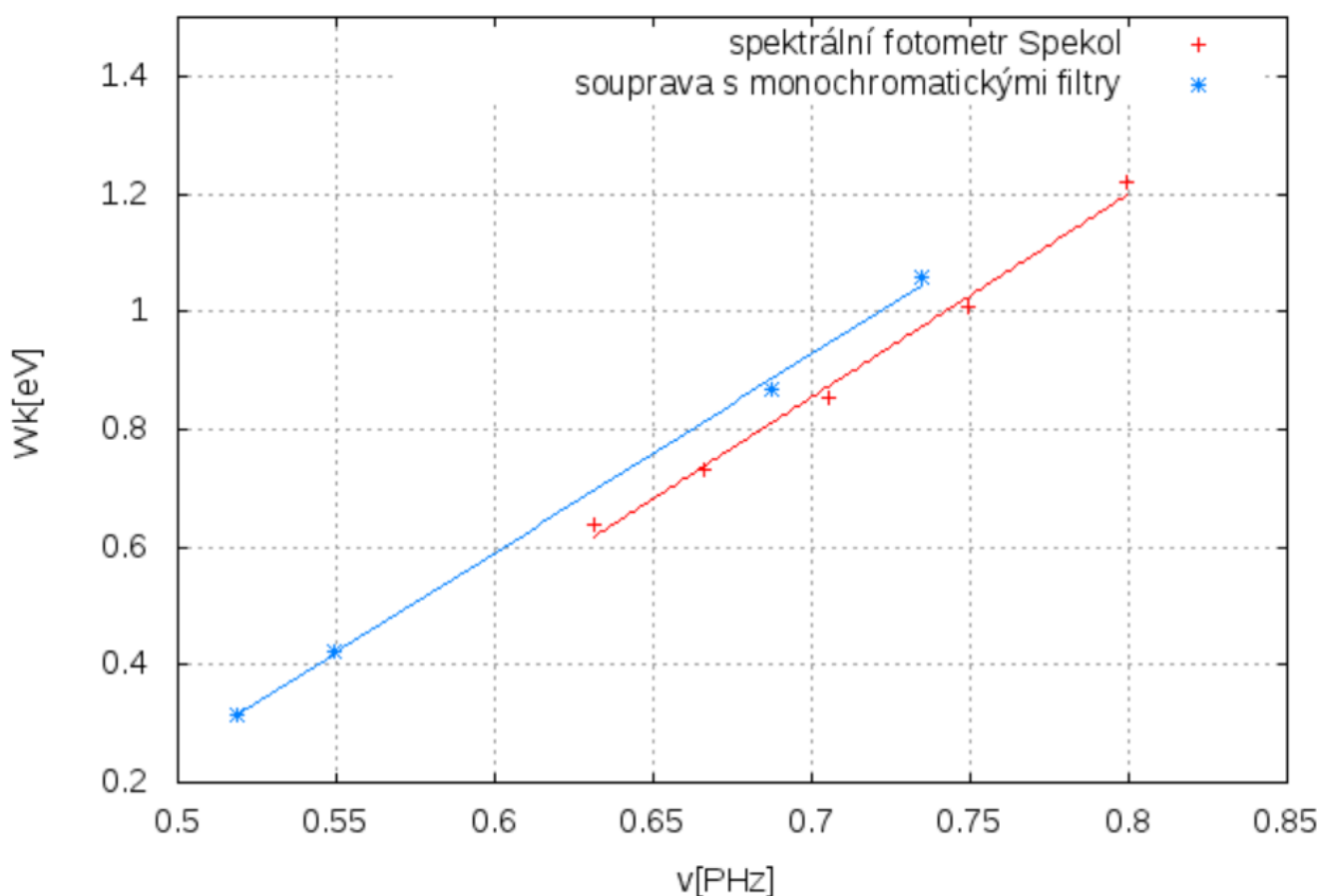
- Pro Planckovu konstantu platí:

$$W_k = h\vartheta - A = e \cdot U$$

- W_k a ϑ jsme vynesli do grafu a pomocí metody nejmenších čtverců proložili přímkou.
(za pomoci: <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/grafy-new/grafy.php>)

$$W_k = a_0\vartheta - a_1$$

Zavislost maximalní kinetické energie na kmitoctu dopadajícího světla



- Pro parametry proložené přímkou platí
 - Pro spektární fotometr Spekol
 - $a_0 = -1,561$
 - $a_1 = 3,452$
 - Pro soupravu s monochromatickými filtry
 - $a_0 = -1,439$
 - $a_1 = 3,403$
 - Lineární člen (a_1) je přímo úměrný Plánkově konstantě a konstantní člen (a_0) je přímo úměrný práci, protože jsem kinetickou energii (W_k) dosazovali v eV a kmitočty v pentahertzích dostáváme:

$$A = -a_0 \text{ eV}$$

$$h = 1,602 \cdot 10^{-34} \cdot a_1 \text{ J} \cdot \text{s}$$

- Pro spektární fotometr Spekol dostáváme výsledky

$$h_1 = 1,602 \cdot 10^{-34} \cdot 3,452 = 5,530 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$A_1 = 1,561 \text{ eV}$$

- Pro soupravu s monochromatickými filtry dostáváme výsledky

$$h_2 = 1,602 \cdot 10^{-34} \cdot 3,403 = 5,452 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$A_2 = 1,439 \text{ eV}$$

6. Výpočet nejistot

- Pro spektární fotometr Spekol
 - Určení nejistoty vlnové délky (λ) z rozlišení přístroje

$$u_{B(\lambda)} = \pm \frac{1}{\sqrt{12}} = \pm 3,46 \text{ nm}$$
 - Určení nejistoty napětí (U) z rozlišení přístroje

$$u_{B(U)} = \pm (1,19 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-3}) = \pm 4,19 \text{ mV}$$
- Pro soupravu s monochromatickými filtry
 - Určení nejistoty napětí (U) z rozlišení přístroje

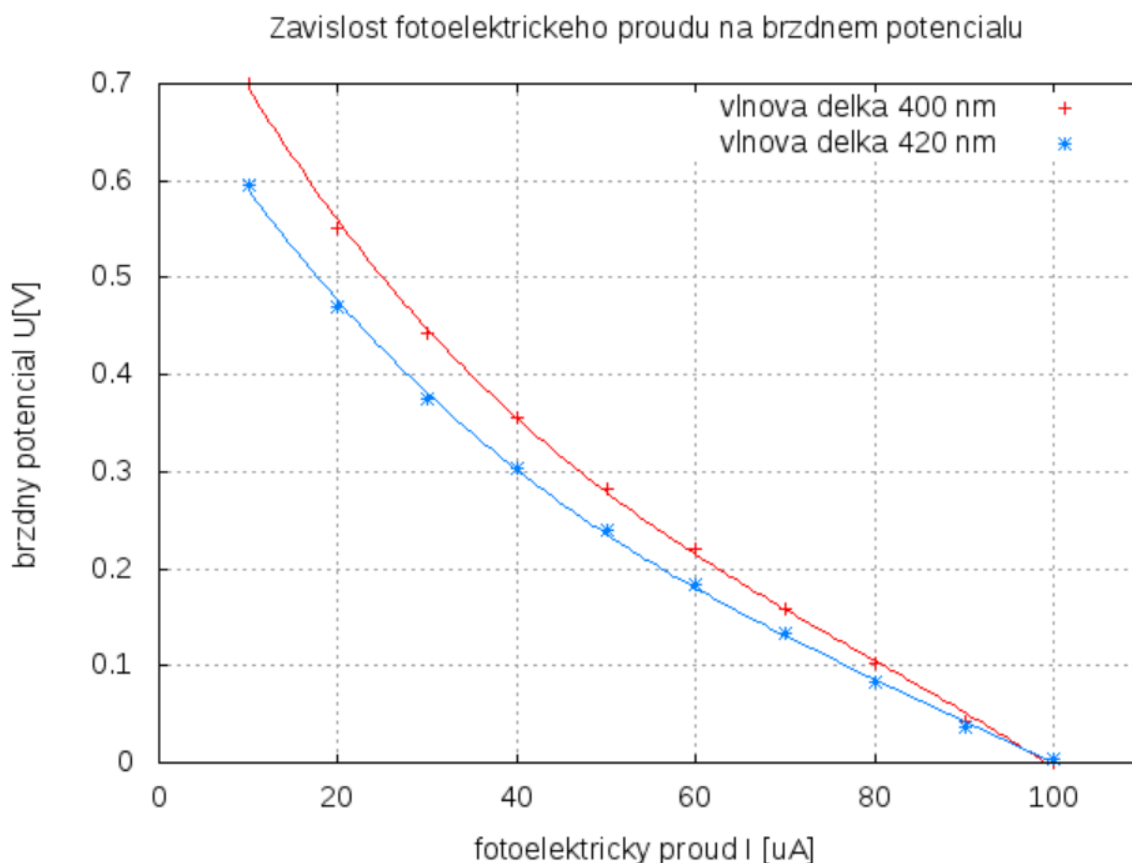
$$u_{B(U)} = \pm (0,015 + 5 \cdot 10^{-3}) = \pm 20 \text{ mV}$$

7. Závislost fotoelektrického proudu na brzdém napětí

- Tabulka naměřených hodnot

	$\lambda = 400$ nm	$\lambda = 420$ nm
I [μA]	U [V]	U [V]
100	0,0004	0,0024
90	0,0435	0,0362
80	0,1030	0,0828
70	0,1584	0,1325
60	0,2200	0,1837
50	0,2828	0,2407
40	0,3560	0,3038
30	0,4427	0,3750
20	0,5520	0,4702
10	0,7000	0,5950

- Graf



8. Výsledek

- Pro spektrální fotometr Spekol dostáváme výsledky

$$h_1 = 5,530 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$A_1 = 1,561 \text{ eV}$$

- Pro soupravu s monochromatickými filtry dostáváme výsledky

$$h_2 = 5,452 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$A_2 = 1,439 \text{ eV}$$

9. Závěr

- Tabulková hodnota Planckovy konstanty je $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Námi vypočtená hodnota pro spektrální fotometr Spekol je $h_1 = 5,530 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ což je 16,5% rozdíl oproti tabulové hodnotě. Tento rozdíl lze vysvětlit tím, že fotonka je plněna plynem, nikoli vakuem. Pro soustavu s monochromatickými filtry nám vyšel výsledek $h_2 = 5,452 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ představující odchýlení od tabulkové hodnoty 17,7%. Překvapuje mne takto velký rozdíl, neboť v tomto případě byla fotonka „plněna“ vakuem. Tento rozdíl podle mne vznikl na multimetru.
- Výstupní práce elektronů vyšla pro spektrální fotometr Spekol $A_1 = 1,561 \text{ eV}$ a pro sadu s monochromatickými filtry $A_2 = 1,439 \text{ eV}$. V tabulkách³ se je k této hodnotě nejbližší cesium $A = 1,93$ což dělá rozdíl 19,1% rozdíl pro Spekol a 25,4% pro sadu s monochromatickými filtry.

² <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/navody/planck.pdf> 13.11.2017

³ <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/navody/planck.pdf> 13.11.2017

10. Literatura

- <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/navody/tuht.pdf>
- <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/manualy/my65.pdf>
- <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/grafy-new/ukaz.php>