

1 Úkol

1. Stanovte Planckovu konstantu z měření vnějšího fotoelektrického jevu.
2. Určete výstupní práci použité fotonky.

2 Teoretický úvod

Světlo se může chovat jako vlna ale také jako částice. Jeho vlnovou formu můžeme popsat jeho frekvencí f nebo vlnovou délkou λ , přičemž platí:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Světlo ve formě částice pak charakterizujeme jeho energií E a hybností p a můžeme ho dát do vztahu s jeho vlnovou formou.

$$E = hf \quad (2)$$

$$p = h \frac{f}{c} = h \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Kde h je Planckova konstanta s hodnotou $6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ případně $4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$. Používá se také ve tvaru $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, vztah 2 pak můžeme přepsat na

$$E = \hbar \cdot 2\pi \cdot f = \hbar \cdot \omega \quad (4)$$

2.1 Fotoelektrický jev

Fotoelektrický jev je jev při kterém fotony předávají svou energii elektronům v látce, na kterou dopadají. Je to jeden z důkazů kvantové povahy světla a můžeme ho rozlišit na vnitřní a vnější.

Vnitřní je typický např. pro polovodiče, ve kterých může foton při dopadu vygenerovat vodivostní pár a tak zvýšit vodivost polovodiče.

Vnější fotoelektrický jev je zase typický pro kovy, ve kterých se díky kovové vazbě mohou elektrony volně pohybovat. Pokud dopadající foton dodá elektronu alespoň tzv. výstupní práci W , elektron může opustit materiál a pohybovat se volně prostorem rychlostí, která odpovídá energii fotonu bez výstupní práce. Platí tedy

$$E_k = hf - W = \frac{hc}{\lambda} \quad (5)$$

Protože elektronu dodává energii foton, jehož energie odpovídá podle vztahu 2 jeho vlnové délce, je rychlost uvolněného elektronu přímoúměrná vlnové délce dopadajícího světla, zároveň je ale nezávislá na jeho intenzitě. Každý materiál má tedy jistou mezní frekvenci f_m pod kterou fotoelektrický jev nenastane. Na intenzitě dopadajícího záření je ale přímoúměrně závislý počet takto uvolněných elektronů (fotoelektronů). Tento jev můžeme tedy využít pro konstrukci světelného senzoru, pokud k elektrodě (katoda), na kterou dopadá záření, přiblížíme druhou elektrodu (anoda) uvolněné fotoelektrony budou dopadat na ni. Bude se tak tvořit napětí, které další fotoelektrony musejí překonávat a tak se fotoelektrony s nižší energií na katodu nedostanou. Po chvíli se tento jev ustálí a vznikne tak brzdné napětí U_b . Fotoelektrony musejí krom výstupní práce mít ještě dost energie na překonání bariéry vytvořené brzdícím napětím, tato energie odpovídá qU_b a energie fotonu musí tedy odpovídat

$$qU_b = E_k = hf - W = \frac{hc}{\lambda} \quad (6)$$

Kde q je elementární náboj elektronu. Můžeme tedy stanovit závislost U_b na frekvenci respektive vlnové délce dopadajícího záření.

$$U_b = \frac{hf}{q} - \frac{W}{q} = \frac{h}{q}f - \frac{h}{q}f_m = \frac{h}{q}(f - f_m) \quad (7)$$

Planckovu konstantu můžeme úpravou vztahu 7 vyjádřit jako

$$h = \frac{U_b q}{f - f_m} \quad (8)$$

Mezní frekvenci můžeme určit úpravou vztahu

$$U_b = \frac{h}{q}(f - f_m) = 0 \implies f_m = f - \frac{U_b q}{h} \quad (9)$$

Nakonec výstupní práci vyjádříme ze vztahu 7 při $f = 0$

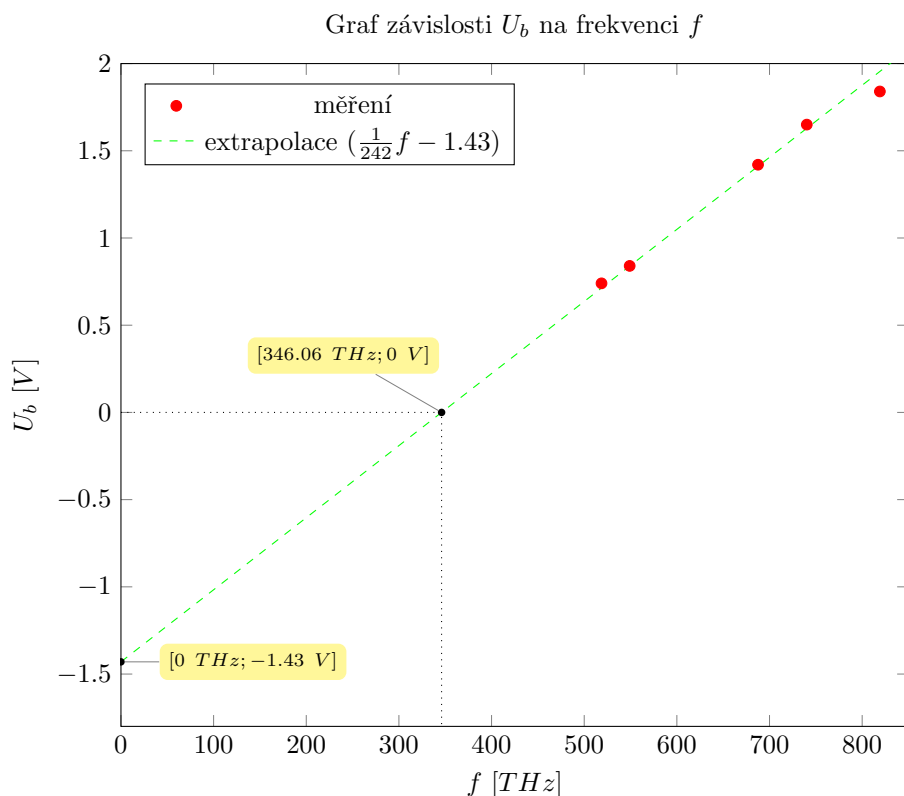
$$U_{b0} = \frac{hf}{q} - \frac{W}{q} = \frac{h0}{q} - \frac{W}{q} = -\frac{W}{q} \implies W = -qU_{b0} \quad (10)$$

3 Měření

λ [nm]	U_{vystup} [V]	zesílení	f [THz]	U_b [V]
366	1.915	10^0	819.11	1.84
405	1.726	10^0	740.23	1.65
436	1.491	10^0	687.60	1.42
546	9.15	10^1	549.07	0.84
578	8.19	10^1	518.67	0.74

Použité měřicí přístroje

Multimetr	703	FINEST	SAP 001000282754_0000
Měřicí zesilovač		PHYWE	313384
Speciální žárovka			
Přípravek s fotonkou			
Sada optických filtrů			



ze vztahu 8 určíme Planckovu konstantu h

$$h = \frac{U_m q}{-f_m} = \frac{-1.43 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}}{-346.06 \cdot 10^{12}} [J \cdot s] =$$

$$= 6.619 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$$

nakonec podle vztahu 10 určíme výstupní práci

$$W = -gU_{b0} =$$

$$= -1.602 \cdot 10^{-19} \cdot (-1.43) [J] =$$

$$= 2.29 \cdot 10^{-19} [J] = 1.43 [eV]$$

4 Závěr

Pět měření jsem vynesl do grafu a na základě takto vzniklých bodů jsem aproximoval závislost brzdného napětí U_b na frekvenci dopadajícího záření f . Pomocí aproximace jsem stanovil brzdné napětí U_b při nulové frekvenci U_{b0} a mezní frekvenci f_m . Z takto získaných hodnot jsem následně určil Planckovu konstantu $h = 6.619 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$ a výstupní práci použité fotonky $W = 2.29 \cdot 10^{-19} [J]$ neboli $W = 1.43 [eV]$. Tabulková hodnota Planckovy konstanty je $6.626 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$ odchylka mého měření je tedy $7 \cdot 10^{-37} [J \cdot s]$, což není špatně.