|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| medaile-mala | SLOVANSKÉ GYMNÁZIUM  OLOMOUC | | |
| **PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY** | | | Číslo laboratorní práce: |
| **Úkol: Vzdálený experiment – fotoelektrický jev** | | | |
| Vypracoval (a):  Spolupracoval (a): | | Datum: | |
| Třída: | |

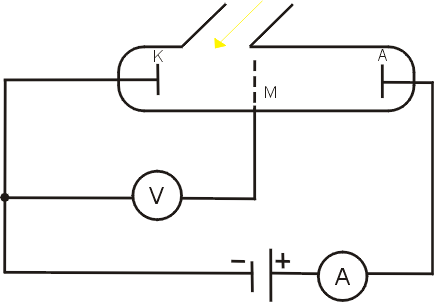
**Fyzikální princip**

Max Planck vyslovil hypotézu, že záření vydávané a pohlcované jednotlivými atomy zahřátého tělesa nemůže mít libovolnou energii, ale je vždy vydáváno a pohlcováno po malých "kouscích" energie, kvantech. Toto kvantum světla nazýváme foton. Má-li světelná vlna frekvenci *f*, pak platí:

(1)

kde *E* je energie fotonu a *h* je Planckova konstanta, která má hodnotu .

Ozařujeme-li svazkem světla čistý kovový povrch, pak světlo uvolňuje z tohoto povrchu elektrony, které mohou vytvářet elektrický proud v obvodu. Tento jev se nazývá fotoefekt (fotoelektrický jev) a hraje důležitou roli v rozvoji kvantové fyziky.



**Obr. 1**: Zařízení pro studium fotoelektrického jevu.

Na obr. 1 je zobrazeno schéma zařízení pro studium fotoelektrického jevu. Světlo o frekvenci *f* dopadá na katodu (K) a uvolňuje z ní elektrony, které se pohybují směrem k anodě (A) a vytváří fotoelektrický proud *I* (fotoproud). Na mřížku (M) dodáváme záporné napětí *U*, které zpomaluje vyrážené elektrony. Napětí, při kterém fotoproud klesne na nulu, nazýváme brzdné napětí. Při tomto napětí jsou i elektrony emitované s nejvyšší energií zastaveny. Kinetická energie *Ek*těchto elektronů s nejvyšší energií je

(2)

kde *e* je elementární náboj ().

Při experimentech se ukázalo, že pro každý kov existuje určitá mezní (prahová) frekvence *f0* taková, že elektrony se z kovu uvolňují pouze při ní a vyšších frekvencích. Jestliže je frekvence světla menší než mezní frekvence (*f* < *f0*), pak fotoelektrický jev nenastává. Při fotoelektrickém jevu předá každé kvantum záření svou energii vždy jednomu elektronu. Tato energie se využije jednak na uvolnění elektronu z kovu (vykonání výstupní práce *Wv*) a také přejde v kinetickou energii elektronu. Einsteinova formulace fotoelektrického zákona tedy zní:

(3)

Mezní frekvence *f0*(resp. mezní vlnová délka *λ0*) záření odpovídá uvolnění elektronu s nulovou kinetickou energií. Pro *Ek* = 0 tedy dostáváme:

(4)

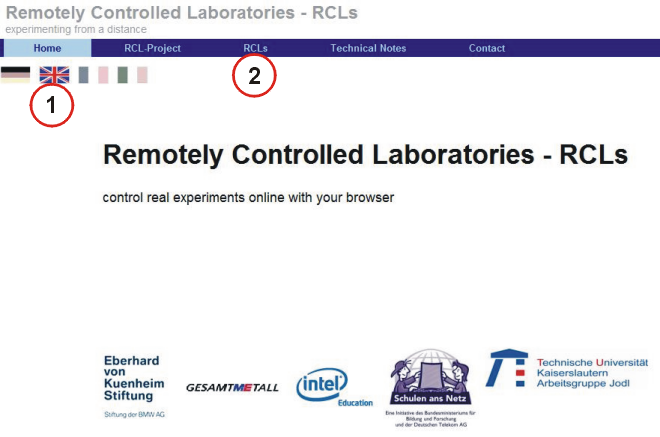
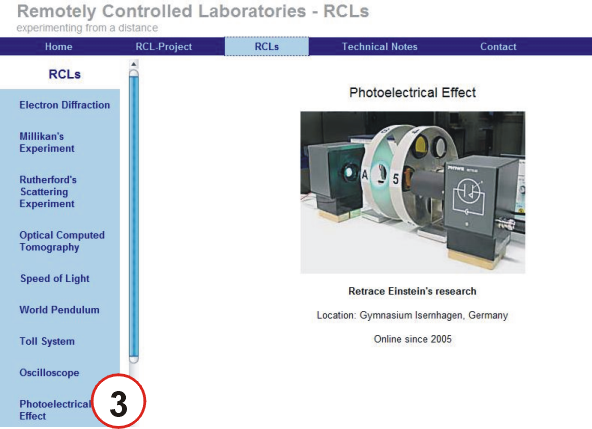
Přepíšeme-li rovnici (3) dosazením za *Ek* ze vztahu (2) dostáváme rovnici:

(5)

**Pomůcky**

Počítač s připojením na internet.

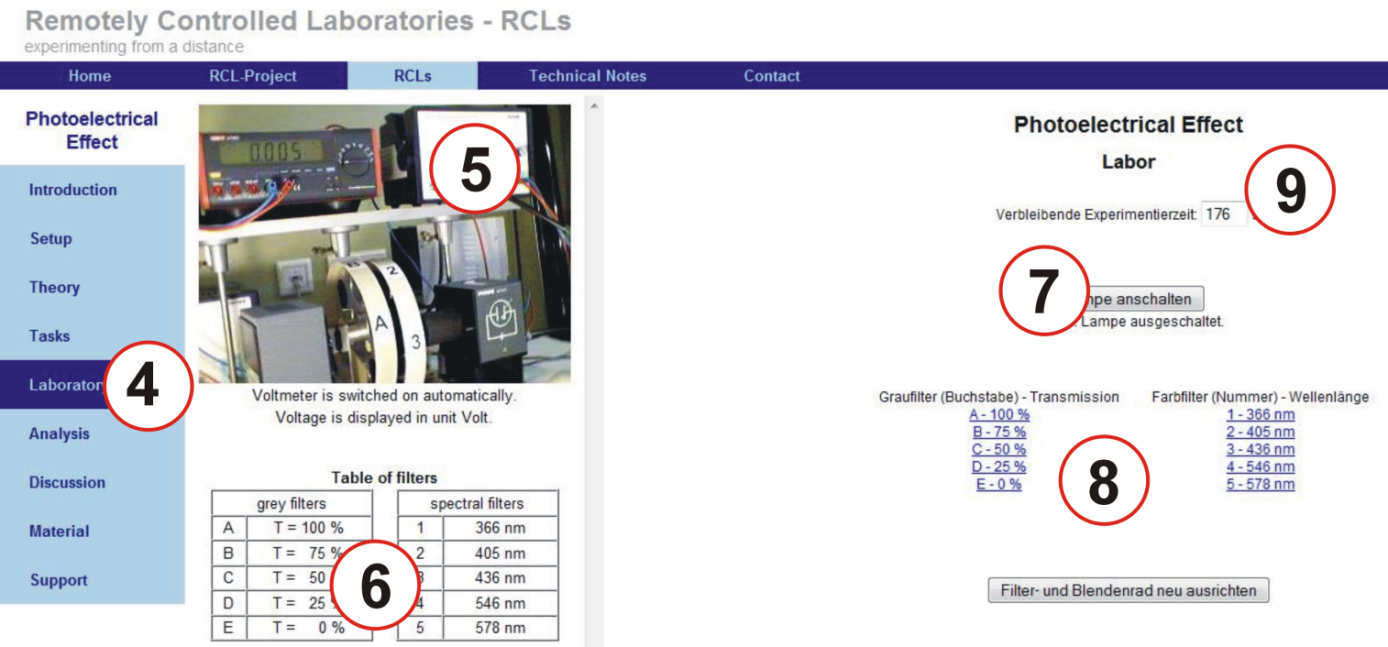
**Příprava před měřením**



**Obr. 2**: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce **http://rcl.physik.uni-kl.de/** (viz obr. 2) si nejprve vyberte jazykovou mutaci (nejlépe angličtinu; číslo 1) a poté klikněte na nápis "*RCLs*" v horní modré liště (číslo 2). Na další webové stránce se vám v levé části zobrazí seznam vzdáleně ovládaných experimentů. Klikněte na položku s názvem *"Photoeletrical Effect"* číslo 3) a otevře se vám nová webová stránka s tímto experimentem (viz obr. 3). Na této webové stránce si můžete v levém modrém sloupci přečíst o tomto experimentu (teorie, úkoly, analýzy, sestava experimentu apod.). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na nápis *"Laboratory"* (číslo 4). V levé části obrazovky je obraz z webové kamery, který sleduje aktuální změny na experimentu (číslo 5), v dolní části je tabulka (číslo 6), která zobrazuje jednak hodnotu šedých filtrů (A-E), které propouští různé intenzity světla a také seznam filtrů (1-5), které vytváří monochromatické světlo určité vlnové délky.

V pravé části webové stránky (viz obr. 3) se nachází tlačítko (číslo 7), kterým se zapíná světelný zdroj. V dolní části (číslo 8) si volíte různé filtry (A-E) a (1-5). V horní části stránky (číslo 9) se odpočítává čas, který ještě máte k provádění experimentu. Maximální čas je 180s. Při jakékoliv aktivitě na stránce se časový limit vždy zpět nastaví na maximální hodnotu.



**Obr. 3**: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

**Postup měření**

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce **http://rcl.physik.uni-kl.de/** (viz obr. 2-3).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznamte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (Lampe anschalten, A – 100%, 1 – 366 nm apod.).
4. Z webové stránky si opište (do tab. 1) propustnost *T* pěti různých šedých filtrů a hodnoty pěti různých vlnových délek.

**Tab. 1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Propustnost filtrů | |  | Vlnová délka [nm] | |
| A | *T* = | 1 |  |
| B | *T* = | 2 |  |
| C | *T* = | 3 |  |
| D | *T* = | 4 |  |
| E | *T* = | 5 |  |

1. Klikněte na tlačítko „Lampe anschalten“ (Zapnout lampu). Nyní klikněte na filtr A (100 % propustnost). Pro tento filtr postupně vyzkoušejte všechny vlnové délky (1-5), vždy chvíli počkejte (max. 20 s), než se údaj na multimetru ustálí a opište si hodnotu napětí do tab. 2. Až proměříte všech 5 různých vlnových délek pro propustnost A, změňte filtr s propustností např. na pozici B (75 %) a znovu proměřte 5 různých vlnových délek (1-5). Takto postupujte pro filtry (A-D, 100 % – 25 %). Filtr E (0 %) neproměřujte.

**Tab. 2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | |  | Napětí *U* [V] (na dvě desetinná místa) | | | |
| Filtr | Vlnová délka λ | Frekvence *f* | | T = 100 % | T = 75 % | T = 50 % | T = 25 % |
| 1 |  |  | |  |  |  |  |
| 2 |  |  | |  |  |  |  |
| 3 |  |  | |  |  |  |  |
| 4 |  |  | |  |  |  |  |
| 5 |  |  | |  |  |  |  |

1. Pro hodnoty z tabulky 2 vytvořte bodový graf závislosti napětí *U* na frekvenci *f*. Určete, o jakou závislost se jedná a graf proložte vhodnou křivkou (a spojnicí trendu), tak aby tato křivka protínala také základní osy *x* a *y* (tj. přímky *y* = 0 a *x* = 0).
2. Z grafu určete frekvenci pro *U* = 0 V, jedná se o mezní frekvenci *f0*.
3. Ze vzorce (5) lze odvodit, že pro *f* = 0 Hz platí: . Odečtěte tedy z grafu hodnotu napětí *U* pro *f* = 0 Hz a dopočítejte výstupní práci *Wv*.
4. Jestliže znáte mezní frekvenci *f0* a výstupní práci *Wv*, tak ze vzorce (4) dopočítejte hodnotu Planckovy konstanty *h*. Srovnejte váš výsledek s tabulkovou hodnotou.
5. Vytvořte jeden společný graf závislosti napětí *U* na propustnosti filtru *T* pro všechny vlnové délky. Z grafu rozhodněte, jaký je vztah mezi měřeným napětím *U* a propustností filtru *T*.
6. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

**Doplňující otázky**

1. Jaké barvě (ve viditelném spektru) by odpovídala mezní frekvence *f0* z tohoto měření?
2. Na internetu vyhledejte a popište nějaké technické zařízení, které využívá fotoelektrický jev.
3. Vysvětlete pojem „korpuskulárně vlnový dualismus“.
4. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

**Použitá literatura**

[1] Štoll, I.: *Fyzika pro gymnázia. Fyzika mikrosvěta.* Prometheus, Praha, 2002.

[2] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 5. Moderní fyzika.* VUTIUM, Brno, 2006.

[3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky.* [on-line] [cit. 2013-2-4]. Dostupné z http://fyzika.jreichl.com/.

[4] http://rcl.physik.uni-kl.de/. [on-line] [cit. 2013-2-5].

**Závěr (shrnutí a zhodnocení měření)**