

**Úloha V.E ... fotografická**

7 bodů; průměr 4,38; řešilo 37 studentů

Pomocí digitálního fotoaparátu změřte frekvenci střídavého proudu v síti. Postačí i chytrý telefon s vhodnou aplikací, která umožní nastavit přesnou hodnotu expozičního času.

*Populární přednášky z fyziky na střední.*

**Teorie**

Principem úlohy je vyfotografování nějakého zdroje světla, třeba pouliční lampy, se známým expozičním časem fotoaparátu a za současného pohybu fotoaparátu. Je-li vhodný zdroj připojen k síti, kde ho živí střídavý proud, na rozmazané fotografii uvidíme jeho blikání. Spočteme-li počet bliknutí a vydělíme ho expozičním časem, získáme buď přímo frekvenci v síti, nebo její dvojnásobek, podle použitého zdroje. Podívejme se, jaké zdroje a proč můžeme použít.

Obyčejná žárovka s wolframovým vláknem se při průchodu elektrického proudu rozžhává a začne svítit. Použijeme-li střídavý proud z elektrické sítě, jeho frekvence je tak velká, že za dobu, kdy vláknem neprochází žádný (nebo jen velmi malý) proud, se vlákno nestihne zchladit, a bude tedy svítit nepřetržitě. Žárovka tedy není vhodným zdrojem pro tento experiment.

Lepší to bude se zářivkou. Ta je tvořena dlouhou skleněnou trubici se dvěma elektrodami, která je naplněna rtuťovými parami a argonem. Při průchodu elektrického proudu nastává v trubici doutnavý výboj, který vyzařuje převážně v ultrafialové oblasti. Toto záření dopadá na stěny trubice, které jsou pokryty luminoforem, který záření přemění na viditelné světlo. Zářivka svítí pouze tehdy, když jí prochází proud – je-li připojena ke střídavému zdroji, nebude svítit nepřetržitě jako obyčejná žárovka, ale bude „blikat“. Toto blikání má vysokou frekvenci, je tedy pro lidské oko nepostřehnutelné, lidé vnímají zářivku jako kontinuální světelný zdroj (může však být skrytým nebezpečím pro epileptiky v nákupních centrech). Na rozmazané fotografii nicméně toto blikání zachytit lze. Protože svícení zářivky nezávisí na směru procházejícího proudu, jen na jeho velikosti, zaznamenaná frekvence je oproti té v síti dvojnásobná (během jedné periody proudu v síti zářivka dvakrát blikne).

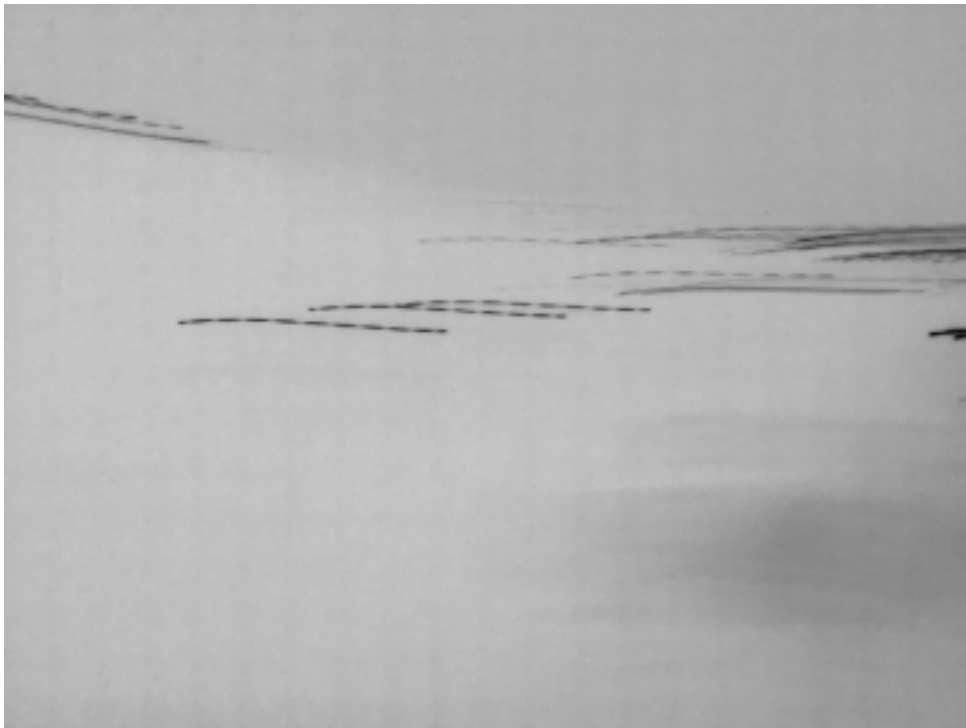
Trochu jiné to bude, je-li zdrojem obyčejná LED (*light-emitting diode*). Je to polovodičová součástka, která je tvořena P-N přechodem. Jeho typickou vlastností je rozdílné chování vůči procházejícímu proudu pro opačné směry průchodu. Je-li zapojena v propustném směru, protéká jí proud a dioda emituje světlo. Je-li zapojena v závěrném směru, proud jí neprochází (pokud ovšem do diody nepouštíme příliš velké napětí, abychom dosáhli průrazného napětí). Připojíme-li diodu ke zdroji střídavého proudu, propustí proud vždy jen v jednom směru, proud bude tedy diodou procházet vždy jen polovinu periody (jednocestný usměrňovač). Naměřená frekvence blikání LED bude přímo rovna frekvenci proudu v síti. Použijeme-li tzv. můstkové (Graetzovo) zapojení čtyř diod, bude proud propouštěn v obou směrech (dvoucestný usměrňovač). V takovém případě naměříme opět frekvenci blikání LED dvojnásobnou oproti frekvenci proudu v síti.

**Experiment**

K experimentu byl použit mobilní telefon s fotoaparátem, kterým byly fotografovány lampy pouličního osvětlení v Praze. Snímky byly schválně pořizovány „rozmazané“, abychom mohli následně zjišťovat počet bliknutí lampy za dobu expozice snímku. Jelikož z výroby předinstalovaná aplikace na fotografování v telefonu neuměla zaznamenávat expoziční časy u jednotlivých fotek v člověkem čitelné podobě, bylo potřeba si stáhnout jinou aplikaci, která to umožňuje.

Taková aplikace je například Camera FV-5 Lite, která je zdarma ke stažení pro mobilní telefony s OS Android na Google Play Store.

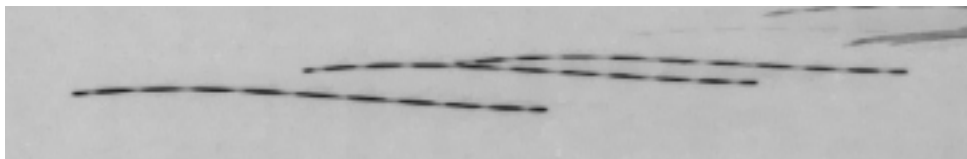
Příklad snímku, který byl pořízen, můžeme vidět na obrázku (1). Na obrázku (2) potom můžeme vidět výřez, na kterém je v detailu vidět blikání lampy. Z tohoto detailního obrázku můžeme určit počet bliknutí lampy během doby expozice snímku. Při fotografování je potřeba fotoaparátem pohybovat správnou rychlostí, abychom získali snímky, ze kterých budeme schopni něco vyčíst.



Obr. 1: Ukázka rozmazaného snímku pouliční lampy. Barvy snímku byly invertovány a následně byl převeden do škály šedé.

### *Měření a vyhodnocení*

Zachytili jsme 14 rozmazaných snímků pouliční lampy, u nichž známe expoziční čas (ten se u jednotlivých snímků liší). Z každého snímku jsme vybrali jednu lampu a u ní jsme určili počet bliknutí a zjistili jsme expoziční dobu snímku. Jelikož nebylo vždy možné přesně určit počet čárek na snímku (jedna čárka představuje jedno bliknutí), museli jsme občas počet čárek odhadovat (např. dvě půlčárky na začátku a konci celé přerušované čáry dají dohromady jednu celou čárku). Toto číslo jsme společně s expoziční dobou snímku zanesli do tabulky (1).



Obr. 2: Detail rozmazaného snímku pouliční lampy.

Tab. 1: Naměřené hodnoty počtu bliknutí lampy.

expoziční čas s	počet bliknutí lampy
1/10	10
1/10	10
1/12	8
1/14	7
1/10	10
1/14	7
1/10	11
1/10	10
1/10	11
1/12	8
1/10	9
1/14	6
1/14	7
1/14	7

Při vyhodnocování naměřených dat nejprve u každého měření vydělíme počet bliknutí lampy expoziční dobou snímku, čímž získáme naměřenou frekvenci blikání lampy, a z těchto čísel následně spočteme výběrový průměr a výběrovou směrodatnou odchylku. Tímto postupem dostáváme, že frekvence blikání lampy je  $(98,4 \pm 1,8)$  Hz.

Jelikož jsme celou dobu chtěli určit frekvenci proudu v elektrické síti, musíme si uvědomit, že pouliční lampy blikají s dvojnásobnou frekvencí, než je frekvence proudu v síti (viz odstavec Teorie). Musíme tedy naměřenou frekvenci blikání lampy vydělit dvěma. Po aplikaci vzorců na práci s chybami dostáváme, že frekvence proudu v síti je tedy  $(49,2 \pm 0,9)$  Hz.

### Závěr

Změřili jsme frekvenci proudu v elektrické síti využitím faktu, že zářivky při průchodu střídavého proudu nesvíí spojitě, ale blikají s frekvencí závislou na frekvenci proudu, který jimi prochází. Ačkoliv má toto blikání frekvenci kolem 100 Hz, byli jsme schopni ho pomocí fotoaparátu zachytit. Je známý fakt, že střídavý proud v elektrické síti má frekvenci 50 Hz, což je v souladu s výsledkem našeho experimentu 49,2 Hz. V našem experimentu jsme pořídili celkem 14 fotografií, které jsme dále zpracovávali, což nám stačilo na to, abychom měli chybu měření

0,9 Hz. Pokud bychom požadovali výsledek s větší přesností stačilo by provést více měření, což už jsme ale na tomto místě nepovažovali za nutné.

*Michal Nožička*  
nozicka@fykos.cz

*Dominika Kalasová*  
dominika@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.