

Studium zdrojů světla pomocí rychlého měření s luxmetrem

Eva Bochníčková

Výstup RVP: žák měří vybrané veličiny vhodnými metodami

Klíčová slova: vhodné metody měření, sinus, periodické funkce, střídavý proud

Příprava na hodinu

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

15 min

Obtížnost:

nízká

Úkol Změřte pomocí luxmetru Vernier časový průběh osvětlení při různých zdrojích světla (například žárovka, kompaktní zářivka, monitor počítače) a při různých frekvencích měření (10 kHz, 1 kHz, 100 Hz).

Namodelujte průběh osvětlení u žárovky vhodnou matematickou funkcí.

Pomůcky Luxmetr Vernier, LabQuest, počítač s programem Logger Pro napojený na dataprojektor, různé zdroje světla

Teoretický úvod Zdroje světla jsou obvykle napájeny střídavým proudem. Důsledkem je časově proměnná hodnota osvětlení, kterou naměříme luxmetrem. Okem takové změny obvykle nevnímáme, protože jsou příliš rychlé. Luxmetr lze nastavit po připojení k rozhraní LabQuest na velmi vysokou frekvenci měření, například 10 kHz. To umožňuje detailně vykreslit časový průběh osvětlení u různých druhů světelných zdrojů.

Vhodná volba frekvence měření je velice důležitá. Při zbytečně vysokých hodnotách máme příliš mnoho dat, přičemž sousední hodnoty se prakticky nijak neliší. Když je naopak frekvence měření příliš malá, mohou být naměřená data dokonce zavádějící. Periodická funkce se může jevit jako konstantní apod.

Vypracování Jedno z možných provedení se třídou je toto: necháme žáky, aby nejprve odhadli, jak se bude lišit časový průběh osvětlení u žárovky napájené stejnosměrným proudem a střídavým proudem ze sítě – nejlépe když nakreslí graf.

Potom s žáky rozebereme jejich hypotézy. Patrně aspoň někteří žáci odhadnou, že osvětlení bude u žárovky napájené střídavým proudem kolísat. Prozradíme, že to tak skutečně je, a vybědíme je, aby odhadli frekvenci kolísání a navrhli, s jakou frekvencí bude rozumné měřit, chceme-li to experimentálně ověřit.

Experiment provedeme při několika různých frekvencích – určitě by měla být zastoupena nějaká vysoká hodnota okolo 10 kHz (pokud žáci navrhnou podobnou hodnotu, použijeme jimi navrženou), dále velmi nízká hodnota, například 10 Hz nebo 100 Hz a pak něco mezi, například 1 000 Hz.

Rozebereme, proč je frekvence kolísání u žárovky zrovna 100 Hz (a ne 50 Hz, jak možná někteří budou tipovat), a provedeme podobný experiment pro srovnání ještě s dalšími zdroji světla, například kompaktní zářivkou, LCD monitorem atd.

Na závěr žákům předvedeme, jak nevhodně nízká frekvence může data naprosto zkreslit, případně zbavit důležitých detailů.

Závěr Žárovka napájená střídavým proudem dává osvětlení, které s frekvencí 100 Hz (dvojnásobek síťové frekvence) kolísá okolo určité hodnoty poblíž maxima – nejde tedy o kolísání od nuly.

Zatímco žárovka má průběh velmi blízký sinusovce, zářivka či LCD monitor mají úplně jiné průběhy.

Frekvenci měření je potřeba vždy volit tak, aby během jedné periody proběhlo dostatečné množství měření. Například pro vykreslení kostrbaté sinusovky s trochou dobré vůle stačí 10 měření na periodu (tedy 1 000 Hz), pro pěkný obrázek je nicméně vhodné spíše 100 měření (10 kHz). Pokud zvolíme frekvenci měření stejnou, jako je perioda měřeného děje, dostaneme „falešnou“ konstantní závislost.

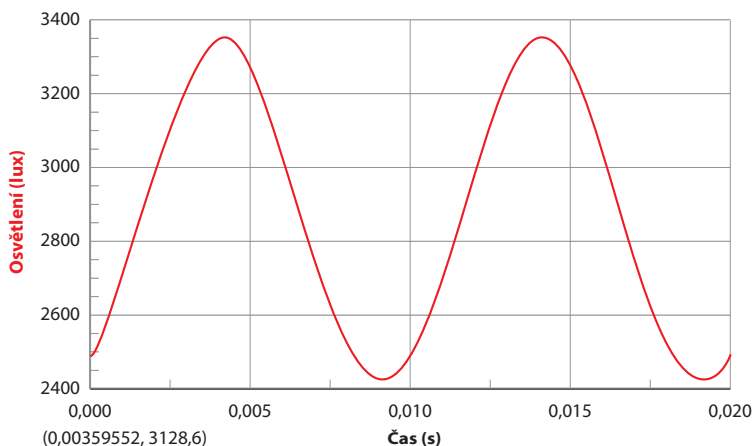
Studium zdrojů světla pomocí rychlého měření s luxmetrem

 úloha
37

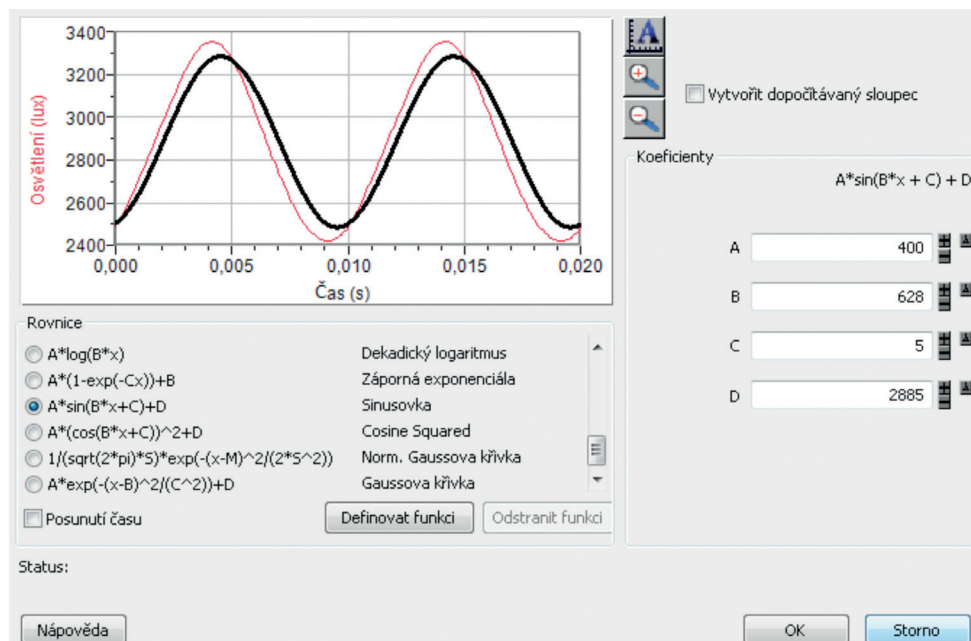
Poznámky Doporučuji vybraný zdroj (například LCD monitor) naměřit s dostatečnou frekvencí (například 10 kHz) a pak také s frekvencí nižší (například 1 kHz, 100 Hz), aby si žáci mohli jednotlivé grafy srovnat.

Dvojnásobek síťové frekvence dostáváme u žárovky proto, že na maximum svítí vždy, když jí prochází maximální proud. Během jedné periody (ta trvá při síťové frekvenci 50 Hz celkem 0,02 s) ale maximum proudu nastává dvakrát, jednou jedním směrem, podruhé druhým směrem. Frekvence maxim osvětlení je tedy dvojnásobek síťové frekvence.

Ukázky výsledků Klasická žárovka; snadno odečteme, že perioda je 0,01 s, tedy frekvence 100 Hz.



V rámci přesahů do matematiky můžeme s žáky naměřenými daty proložit sinusovku (nebo to žáci mohou dostat jako domácí úkol). V Logger Pro zvolíme **Analýza**→**Model**, vybereme z funkcí sinusovku a postupnou změnou jednotlivých parametrů nastavíme modelovou křivku tak, aby co nejlépe seděla s experimentálními daty:



Rovnice

- $A \cdot \log(B \cdot x)$ Dekadický logaritmus
- $A \cdot (1 - \exp(-Cx)) + B$ Záporná exponenciála
- $A \cdot \sin(B \cdot x + C) + D$ Sinusovka
- $A \cdot (\cos(B \cdot x + C))^2 + D$ Cosine Squared
- $1 / (\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 5) \cdot \exp(-(x-M)^2 / (2 \cdot 5^2))$ Norm. Gaussova křivka
- $A \cdot \exp(-(x-B)^2 / (C^2)) + D$ Gaussova křivka

Posunutí času

Definovat funkci Odstranit funkci

Status:

Nápověda OK Storno

Koeficienty

$A \cdot \sin(B \cdot x + C) + D$

A

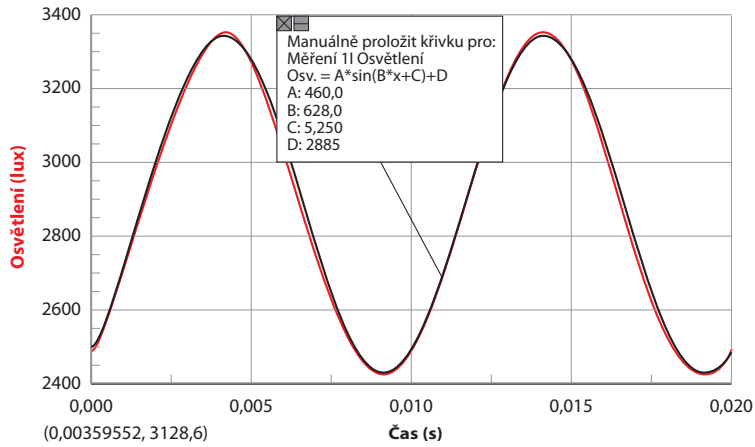
B

C

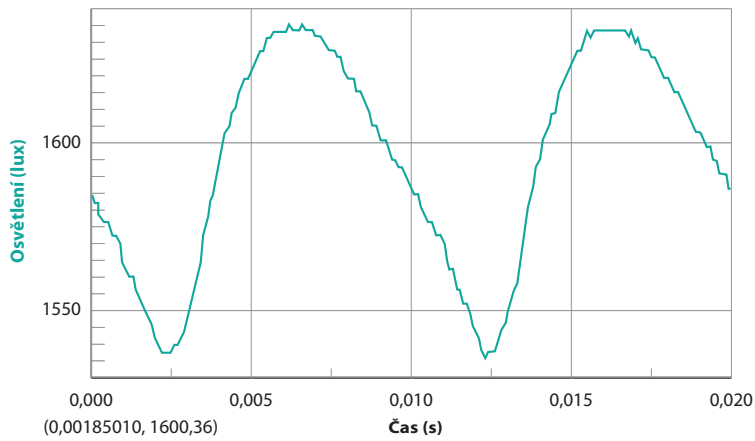
D

Vytvořit dopočítávaný sloupec

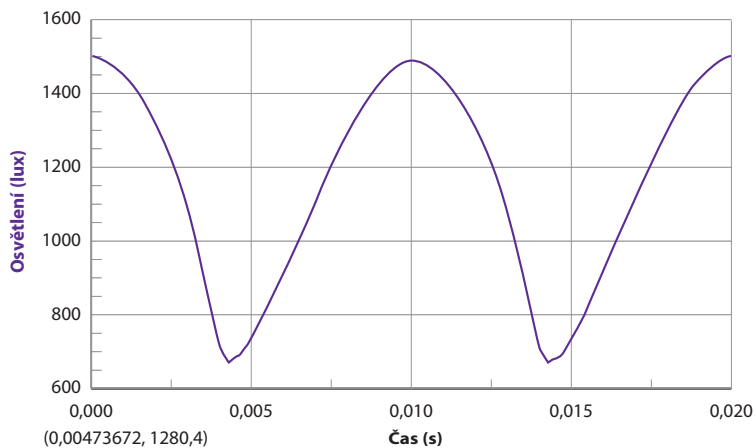
Studium zdrojů světla pomocí rychlého měření s luxmetrem



Úsporná žárovka má také periodu 100 Hz, ale průběh se již od sinusovky značně liší.

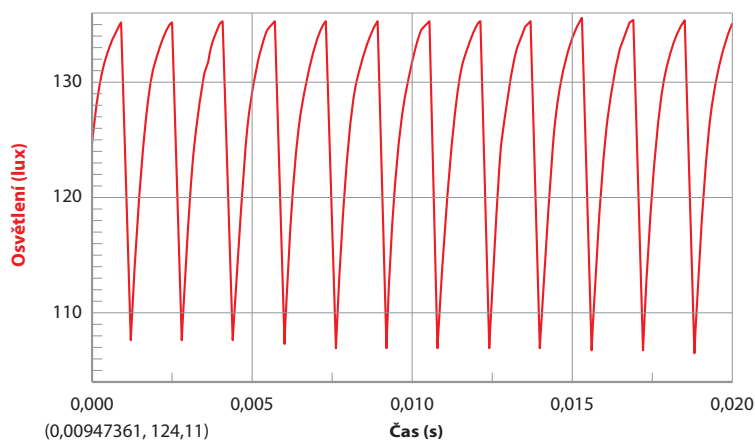


Další graf zachycuje stropní zářivku:



Studium zdrojů světla pomocí rychlého měření s luxmetrem

Zajímavý průběh dává LCD displej počítače, frekvence je zhruba 600 Hz a průběh je zcela nesinusový.



Pokud ovšem nyní měříme data s frekvencí pouze 1 kHz (místo původních 10 kHz), dostaneme již zcela nesmyslný graf:

