Měření rychlosti světla z vakuových konstant

Online: <http://www.sclpx.eu/lab4R.php?exp=4>

 Vakuovými konstantami rozumíme permitivitu a permeabilitu vakua. Tyto konstanty jsme již měřili v rámci laboratorních cvičení ve třetím ročníku, takže tento experiment bude do jisté míry podobný experimentu 3.2 (*Měření permitivity a permeability* *vakua*).

**Úvod**

Jak plyne z teorie [20], vzájemný vztah mezi rychlostí světla *c*, permitivitou vakua $ε\_{0}$ a permeabilitou vakua $μ\_{0}$ je dán vztahem (4.1.1):

$$c=\frac{1}{\sqrt{ε\_{0}μ\_{0}}} (4.1.1)$$

Tento vztah současně potvrzuje i známou skutečnost, že světlo je elektromagnetické vlnění.

Permitivitu vakua můžeme určit ze vztahu (4.1.2):

$$ε\_{0}=\frac{C d}{S} (4.1.2)$$

Známe-li tedy kapacitu deskového kondenzátoru *C*, plošný obsah jeho desek *S* a jejich vzdálenost *d*, můžeme ze vztahu (4.1.2) dopočítat hodnotu permitivity.

Pro výpočet permeability vakua vyjdeme ze vztahu (4.1.3):

$$ μ\_{0}=\frac{2mgl^{2}}{μ\_{r}N^{2}I^{2}S}, (4.1.3)$$

kde *m* je zdvihová hmotnost měřená digitálními váhami, $g=9,81 m∙s^{-2}$, *l* je délka cívky měřená posuvným měřidlem, *N* je počet závitů cívky, *I* je efektivní hodnota střídavého proudu procházejícího cívkou a měřeného multimetrem VA18B v režimu ampérmetru, *S* je plocha řezu a $μ\_{r}$ je relativní permeabilita jádra cívky.

Nejistotu v měření rychlosti světla *c* vypočítáme podle vztahu (4.1.4):

$$∆c=\overbar{c}\left(\frac{∆ε\_{0}}{2\overbar{ε}\_{0}}+\frac{∆μ\_{0}}{2\overbar{μ\_{0}}}\right)=\frac{\overbar{c}}{2}\left(\frac{∆ε\_{0}}{\overbar{ε\_{0}}}+\frac{∆μ\_{0}}{\overbar{μ\_{0}}}\right) (4.1.4)$$

**Pomůcky:** multimetr VA18B, cívka *N* = 600 závitů, *l =* 44 mm, *R* = 4,2 Ω, *L* = 6 mH, laboratorní zdroj ss napětí, digitální kuchyňské váhy, železný pásek nebo kruh o tloušťce 0,1 mm, izolepa, list papíru, deskový kondenzátor, mikrometr, stativový materiál

**Postup práce**

Před vlastním měřením si zopakujte měření permitivity a permeability vakua podle pokynů uvedených v experimentech 3.1 a 3.2. Uspořádání experimentu při měření permitivity je na obrázku 4.1.1 a realizace měření permeability na obrázku 4.1.2.

Pomocí multimetru VA18B změříme několikrát kapacitu deskového kondenzátoru, vzdálenost desek uvažujeme rovnou tloušťce papíru, kterou změříme mikrometrem. Posuvným měřidlem změříme rozměry deskového kondenzátoru a vypočítáme obsah jedné desky *S*. Z naměřených hodnot vypočítáme ze vztahu (4.1.2) velikost permitivity vakua.

Analogicky podle postupu uvedeného v experimentu 3.1 a 3.2 změříme pro různé zdvihové hmotnosti velikost proudu procházejícího cívkou a ze vztahu (4.1.3) vypočítáme hodnotu permeability.

 Dále podle vztahu (4.1.1) provedeme výpočet rychlosti světla a podle vztahu (4.1.4) určíme nejistotu měření.

 Na závěr vytvoříme z vypočítaných hodnot rychlosti světla graf, který doplníme o  regresní analýzu (*Přidat spojnici trendu*).

 Námi naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.1 a graf vytvořený na základě této tabulky je na obrázku 4.1.3.

**Tabulka 4.1** Měření rychlosti světla

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| $ε\_{0}$($∙10^{-12} F∙m^{-1}$) | $μ\_{0}$ ($∙10^{-7}H∙m^{-1}$) | $c \left(∙10^{8}\right)$ $m∙s^{-1}$ |
| 8,8 | 13,3 | 2,9 |
| 8,8 | 14,2 | 2,8 |
| 9,1 | 12,7 | 2,9 |
| 9,1 | 12,8 | 2,9 |
| 8,8 | 13,9 | 2,9 |



Obrázek 4.1.1 Uspořádání experimentu – Měření rychlosti světla z vakuových konstant – měření permitivity



Obrázek 4.1.2 Uspořádání experimentu – Měření rychlosti světla z vakuových konstant – měření permeability

Obrázek 4.1.3 Graf vypočítaných hodnot rychlosti světla – Měření rychlosti světla z vakuových konstant

**Závěr**

Průměrná hodnota rychlosti světla vypočítaná na základě údajů uvedených v tabulce 4.1 má velikost$c=(2,9\pm 0,2)∙10^{8}$ $m∙s^{-1}$. Relativní nejistota měření je $δc=\frac{0,2}{2,9}≐7 \%$.

Průměrná hodnota bez zaokrouhlení činí $c=289 655 091$ $m∙s^{-1}$. Odchylka od tabulkové hodnoty *c* = 299 792 458 $m∙s^{-1}$ je cca 3 %.

 Lineární regresní přímka na obrázku 4.1.3 poskytuje svojí konstantní částí přibližnou hodnotu $c=3∙10^{8}$ $m∙s^{-1}$.

 Všechny dosažené výsledky poměrně uspokojivě korespondují s tabulkovou hodnotou a v rámci laboratorního cvičení ve školní laboratoři lze i relativní nejistoty měření považovat za vyhovující.

**Otázky na závěr**

1. Jak můžeme změřit rychlost světla pomocí mikrovlnné trouby?

2. Kdo první ve známé historii fyziky změřil rychlost světla a k jaké hodnotě dospěl?