



## MALUSŮV ZÁKON

- Sledujte pokyny v tomto materiálu, pokud jsou pro vás nesrozumitelné, nebojte se nás zeptat.
- Vaše dílčí i finální závěry zaznamenávejte přímo do textu či připravených grafů.
- Chcete-li, můžete si například pomocí mobilu průběh experimentu vyfotit, natočit apod.

### Cíl a idea měření

Na tomto stanovišti se seznámíte s polarizací světla, proměříte intenzitu světla prošlého polarizačním filtrem a budete ověřovat platnost Malusova zákona.

### Teoretický úvod




Když se díváme na světlo jako na vlnění, můžeme popsat jev zvaný polarizace. Polarizace světla souvisí se způsobem (nahodilostí) kmitání složek vlnění – jedna z nich se nazývá elektrická intenzita.

Z přirozeného, nepolarizovaného světla vytvoříme polarizované, když jej necháme procházet např. lineárním polarizačním filtrem.

### Úkol 1: Zkoumání polarizačních filtrů

1. Prohlédněte si různé polarizační filtry. Dívejte se skrz filtr nejprve na různé předměty ve vašem okolí (židle, deska stolu, spolužáci,...) a následně na monitor či displej telefonu. Filtr různě otáčejte. Stručně popište, jak se vaše pozorování liší pro displej (monitor) a další předměty (např. deska stolu).

2. Nyní skládejte filtry i přes sebe a otáčejte jimi. Sledujte především běžné předměty (**NE** monitor atp.) a запиšte svá pozorování.

3. Pokud složíme více filtrů za sebe a díváme se na různé předměty, pozorujeme podobný jev, jako když se díváme na  pouze s  filtrem. Světlo z  je tedy *polarizované/nepolarizované*.

### Úkol 2: Intenzita světla při průchodu jedním filtrem

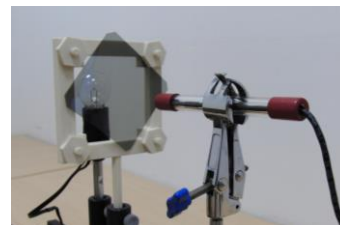
Lineární polarizační filtr dokáže ovlivnit intenzitu světla  $I$ , které jím projde. To proto, že propouští pouze tu složku elektrické intenzity, která kmitá ve stejném směru, jako je směr určený filtrem.

Odhadněte, co se stane s intenzitou **nepolarizovaného** světla, když projde jedním polarizačním filtrem. Svůj odhad napište.



## Postup

1. Prohlédněte si aparaturu a otevřete soubor *Mereni\_intenzity\_svetla.cmbi*, který naleznete na ploše ve složce *Optika II*.
2. Umístěte mezi zdroj a luxmetr **prázdný** rámeček a spusťte měření tlačítkem . Do tabulky si poznamenejte hodnotu intenzity světla ze zdroje (bez filtru).
3. Do rámečku nasad'te polarizační filtr. Snažte se zachovat původní vzdálenosti mezi žárovkou, rámečkem a luxmetrem. Zaznamenejte hodnotu intenzity prošlého světla do tabulky.
4. Následně filtr vyjměte z rámečku, otočte přibližně o 45° vzhledem k předchozí poloze filtru (viz obr. 1), zasad'te zpět do rámečku a umístěte před zdroj. Proved'te měření a zapište hodnotu.
5. Proměřte intenzitu světla s krokem otočení filtru 45° od 0° do 180°. Získané hodnoty zapisujte do tabulky.



Obr. 1: Nastavení polarizačního filtru v rámečku

$\alpha$ [°]	Bez filtru	0°	45°	90°	135°	180°
$I$ [lx]						

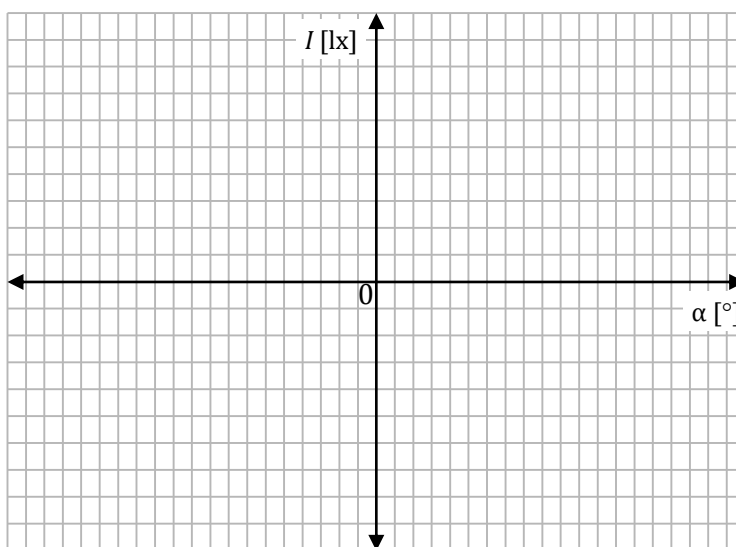
6. Na základě naměřených hodnot zkuste formulovat závěry: Jak se změní intenzita nepolarizovaného světla, které prochází polarizačním filtrem? Závisí na úhlu otočení filtru?

## Úkol 3: Proměření Malusova zákona

V předchozím úkolu dopadalo na polarizační filtr nepolarizované světlo. Nyní do experimentu **přidáme ještě jeden filtr** a budeme sledovat intenzitu světla za ním.

V případě, že filtrem prochází již lineárně polarizované světlo, popisuje jeho intenzitu  $I$  za polarizačním filtrem tzv. Malusův zákon:  $I = I_0 \cos^2 \alpha$ , kde  $I_0$  je intenzita světla před průchodem filtrem a  $\alpha$  je úhel vzájemného natočení filtrů.

1. Odhadněte a zakreslete, jak bude vypadat graf závislosti intenzity prošlého světla na úhlu natočení polarizačního filtru  $\alpha$ .



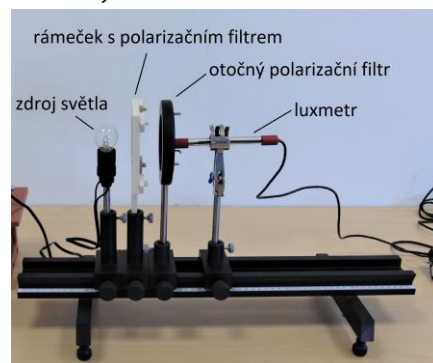
Inspirujte se matematickou podobou Malusova zákona.

Svůj odhad konzultujte s lektorem.

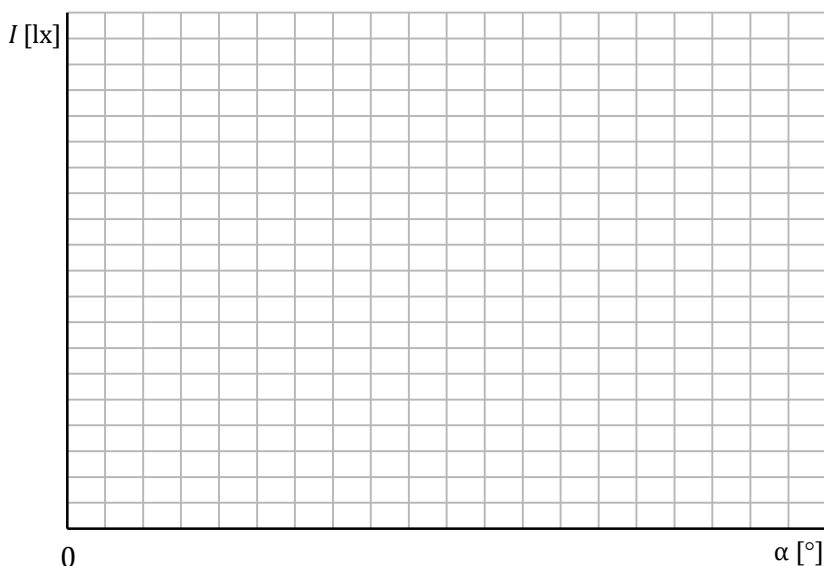


## Postup

1. Upravte aparaturu podle obrázku 2. Polarizační filtry nastavte co nejbližší k sobě.
2. Otočný filtr nastavte tak, aby intenzita světla po průchodu oběma filtry byla maximální, tj. oba filtry propouštěly stejný „směr kmitání“.
3. Otevřete soubor *Malusuv\_zakon.cmbi*, který naleznete na ploše ve složce *Optika II*. Spustíte měření tlačítkem . Když nyní stisknete modré kolečko , čidlo odečte intenzitu a program se zeptá, jakému aktuálnímu úhlu otočného polarizačního filtru tato intenzita odpovídá. Zadejte tedy  $0^\circ$ . Bod se zanesse do grafu.
4. Nyní otáčejte pohyblivým filtrem (s krokem  $10^\circ$ ) a pro každou polohu přidejte měření do grafu. Měření provedte v rozsahu pootočení od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .
5. Do grafu níže načrtněte, jak dopadlo vaše měření. Nevynášejte přesné hodnoty, důležitý je tvar grafu.




Obr. 2: Aparatura pro měření Malusova zákona



## Úkol 4: Zpracování naměřených hodnot

1. Podívejte se znovu na svůj odhad z úkolu 1. Odpovídá vámi naměřená závislost vašemu odhadu? V čem se liší?
2. Jakou hodnotu by podle Malusova zákona měla mít intenzita prošlého světla při natočení filtru o úhel  $\alpha = 90^\circ$ ? Jakou hodnotu jste naměřili?



3. Vámi získaný graf proložte pomocí ikony  teoretickou závislostí s předpisem  $I = I_0 \cos^2 \alpha + D$ . V seznamu funkcí ji najdete jako „*kosinus na druhou*“, dále stiskněte *Aproximovat* a *OK*.
4. Z předpisu funkce proložené závislosti nebo odečtem intenzity pro vhodný úhel  $\alpha$  určete hodnotu konstanty  $D =$  .
5. Jaký fyzikální význam má tato konstanta? Dokážete ji změřit pomocí aparatury? Nápady konzultujte s lektorem.

6. Jak bychom mohli zmenšit či odstranit vliv této konstanty na měření?

### Závěry

Přirozené světlo *je/není* polarizované. Lidské oko *dokáže/nedokáže* polarizované světlo poznat. Lineárně polarizované světlo dokážeme odhalit pomocí .

Intenzita nepolarizovaného světla po průchodu lineárním polarizačním filtrem *poklesne/vzroste*, a to přibližně .

Intenzita světla prošlého polarizačním filtrem závisí na intenzitě dopadajícího světla a na . Tuto závislost přesně popisuje  zákon, který platí pouze pro *polarizované/nepolarizované* dopadající světlo.

Pro jaké úhly vzájemného natočení filtru byla intenzita prošlého světla největší? A pro jaké nejmenší?

