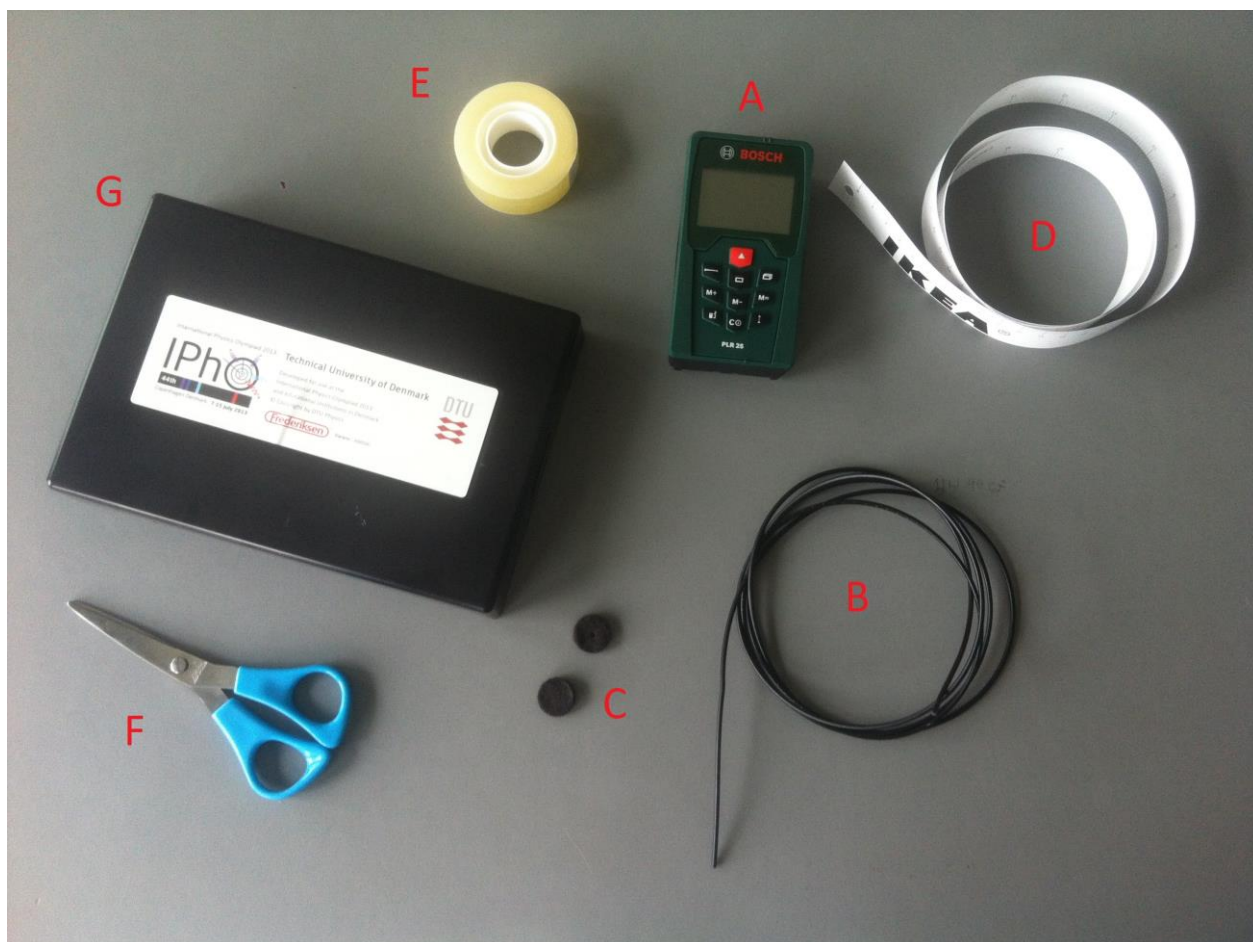


POZOR: Všechna měření a vypočtené hodnoty musí být uvedeny v jednotkách SI s patřičným počtem platných cifer. Chyby uvádějte pouze v případě, že je to v úloze výslovně požadováno.

1.0 Úvod

Pokusy s laserovým délkovým měřidlem (LDM)



Obrázek 1.1 Některé pomůcky pro experiment

- A:** Laserové délkové měřidlo
- B:** Optický kabel (přibližně 1 m dlouhý)
- C:** Samolepící černé plstěné podložky s otvorem
- D:** Papírový metr
- E:** Lepicí páska
- F:** Nůžky
- G:** Víčko z černé krabičky

Laserové délkové měřidlo (LDM, viz Obr. 1.2 a Obr. 1.3) je tvořeno vysílačem a přijímačem. Vysílač je diodový laser, který vysílá modulovaný laserový paprsek, tj. laserový paprsek, ve kterém se mění amplitudy s velmi vysokou frekvencí. Jakmile laserový paprsek dopadne na objekt, světlo se odráží od laserové stopy do všech směrů. Část tohoto odraženého světla se vrací zpět do

přijímače přístroje, který je umístěn hned vedle vysílače. Teleskopická optika přístroje je zaostřena na laserovou stopu a přijímá světlo odtud odražené. Elektronika přístroje měří časový rozdíl v modulaci mezi přijatým a vyslaným světelným signálem. Zpoždění t v modulaci je přesně rovno času, po který světlo putuje od vysílače k přijímači. Naměřený čas je převeden na hodnotu

$$y = \frac{1}{2}ct + k,$$

která se zobrazí na displeji přístroje. Ve vzorci značí $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ rychlost světla. Konstanta k závisí na nastavení přístroje; lze přepínat mezi měřením od zadního a od předního konce přístroje. Po zapnutí přístroje je automaticky nastaveno měření od zadního konce přístroje. **Toto nastavení ponechte během všech měření.**

Kvůli paralaxe není možné pomocí LDM měřit vzdálenosti kratší než 5 cm. Maximální měřitelná vzdálenost je přibližně 25 m. Tvar přístroje je takový, že zadní i přední část jsou kolmé na laserový paprsek. Pokud leží přístroj na stole, je polarizace světla svislá (kolmá k displeji).

Diodový laser je třídy 2 s výkonem menším než 1 mW a vlnovou délkou 635 nm. Nepřesnost přístroje uváděná výrobcem je +/- 2 mm.

POZOR: Diodový laser v přístroji může poškodit vaše oči. Nedívejte se přímo do laserového paprsku a snad ani nesviťte do očí svých asijských protivníků!

Nastavení LDM

Výše uvedený výpočet vzdálenosti y samozřejmě předpokládá, že se světlo šíří rychlostí c . V rámci přesnosti požadované v tomto experimentu není třeba rozlišovat mezi velikostí rychlosti světla ve vzduchu a ve vakuu, jelikož index lomu suchého atmosférického vzduchu za normálního tlaku a teploty je $1,000\,29 \approx 1.000$.



Obrázek 1.2 Šestice neoznačených tlačítek je pro vás zcela irelevantní (slouží k měření ploch a objemů). Relevantní tlačítka jsou:

A: Vypínač (On/off)

B: Přepínač mezi měřením od zadního a předního konce přístroje

C: Ukazatel módu měření od předního/zadního konce

D: Zapnutí laseru/ začátek měření

E: Kontinuální (souvislé) měření

F: Ukazatel kontinuálního měření



Obrázek 1.3 Laserové délkové měřidlo, pohled od předního konce

A: Přijímač: Čočky teleskopu jsou zaostřeny na laserovou stopu

B: Vysílač: Nedívej se přímo do laserového paprsku!

1.1 Měření pomocí laserového délkového měřidla

Přístroj změří vzdálenost po stisknutí tlačítka **D**, viz Obr. 1.2.

1.1a	Pomocí LDM změřte jedenkrát vzdálenost H od vršku stolu k podlaze. Zapište výsledek i s chybou měření ΔH . Načrtněte, jak jste měření provedli.	0,4
------	---	-----

1.2 Experiment s optickým kabelem



Obrázek 1.4 Schéma optického kabelu.

Dostali jste optický kabel o délce zhruba 1 m a průměru zhruba 2 mm. Kabel je složen ze dvou optických materiálů. Jádru (o průměru zhruba 1 mm) je vyrobeno z plastu s vysokým indexem lomu. Jádru je obklopeno obložení, které je vyrobeno z plastu s nižším indexem lomu a je pokryto ochrannou vrstvou z černého plastu. Jádru a jeho obložení fungují jako vlnovod pro světlo, kterým je do kabelu svíceno, jelikož rozhraní mezi jádrem a obložení způsobuje totální odraz – a tedy zabráňuje světlu opustit jádru – tak dlouho, dokud úhel dopadu je větší než kritický úhel pro totální odraz. Světlo tedy putuje po jádru optického kabelu i v případě, že se kabel ohne, pokud není ohnut příliš.

Nastavte LDM na kontinuální měření (**E**, viz Obr. 1.2), takže se hodnota y na displeji bude aktualizovat zhruba jednou za sekundu. LDM se automaticky uspí po několika minutách. Může být probuzeno červeným zapínacím tlačítkem.

Opatrně a jemně zakryjte čočku přijímače jednou černou plstěnou podložkou s otvorem o průměru 2 mm, (viz obr. 1.3A). Druhá plstěná podložka je rezervní. Samolepící stranu podložky jemně přitlačte k čočkám. Vložte optický kabel o délce x do otvoru v podložce tak, aby se dotýkal čočky, viz Obr. 1.5.



Obrázek 1.5 (a) Plstěná podložka a optický kabel. **(b)** Připevňování optického kabelu.

Druhý konec kabelu umístěte na vysílač tak, aby se dotýkal skla uprostřed laserového paprsku. Nyní odečtete hodnotu y z displeje. Připravené nůžky použijete pro stříhání optického kabelu na různé délky x .

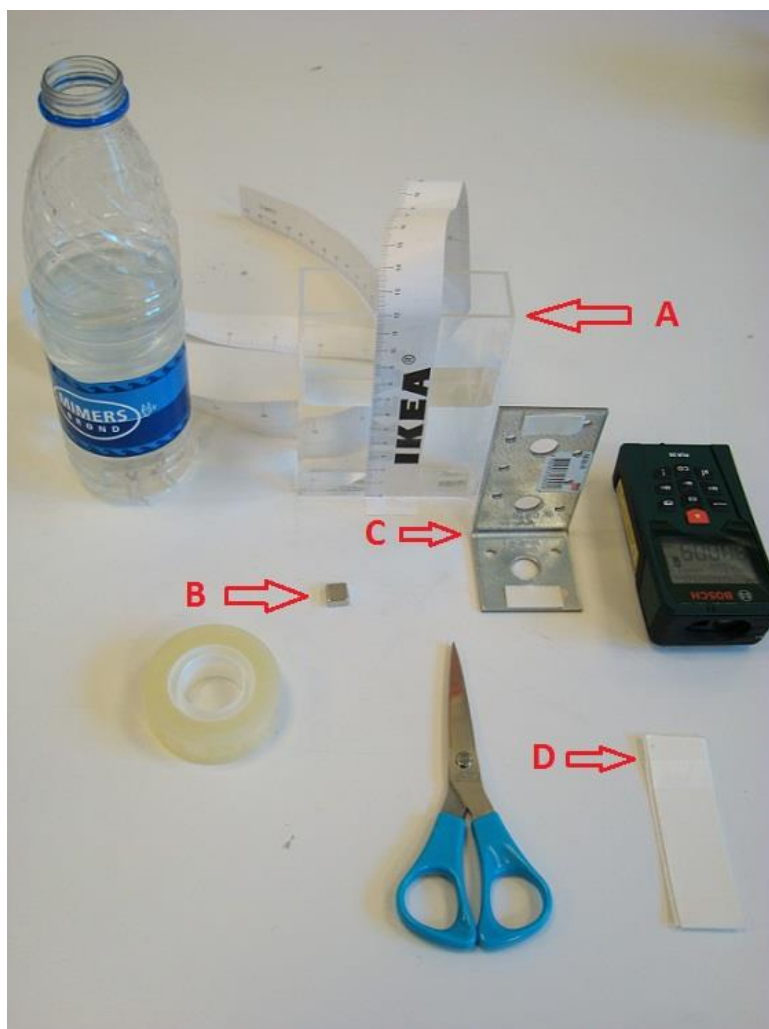
Bedlivě přemýšlejte předtím, než začnete optické vlákno stříhat, jelikož žádné další už nedostanete!!

Všimněte si, že se po delším běhu v kontinuálním režimu na displeji LDM může objevit obrázek teploměru kvůli přehřívání elektroniky. Pokud tato situace nastane, na chvíli LDM vypněte, aby vychladnul.

1.2a	Naměřte příslušné hodnoty x a y . Vytvořte tabulku se svými měřeními. Nakreslete graf ukazující závislost y na x .	1,8
1.2b	Použijte tento graf k nalezení indexu lomu n_{co} materiálu, ze kterého je vyrobeno jádro optického kabelu. Vypočtete rychlost světla v_{co} v jádře optického kabelu.	1,2

1.3 Laserové délkové měřidlo v odchýleném směru od svislé osy

V této části experimentu budete potřebovat vybavení zobrazené na Obr. 1.6.



Obrázek 1.6 Vybavení zobrazené na obrázku:

A: Optická nádoba s vodou a měřítkem.

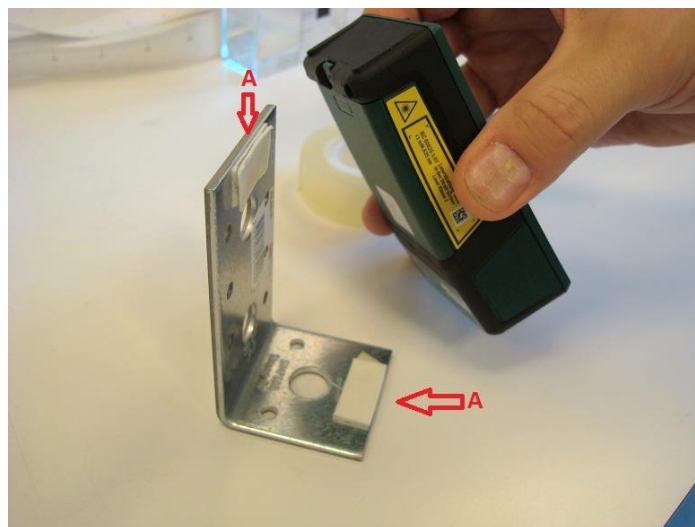
B: Magnet pro zajištění kovového rohového podstavce na vršku černé krabičky. (Magnet naleznete na kovovém rohovém podstavci).

C: Kovový rohový podstavec se samolepicími pěnovými podložkami.

D: Samolepicí pěnové podložky.

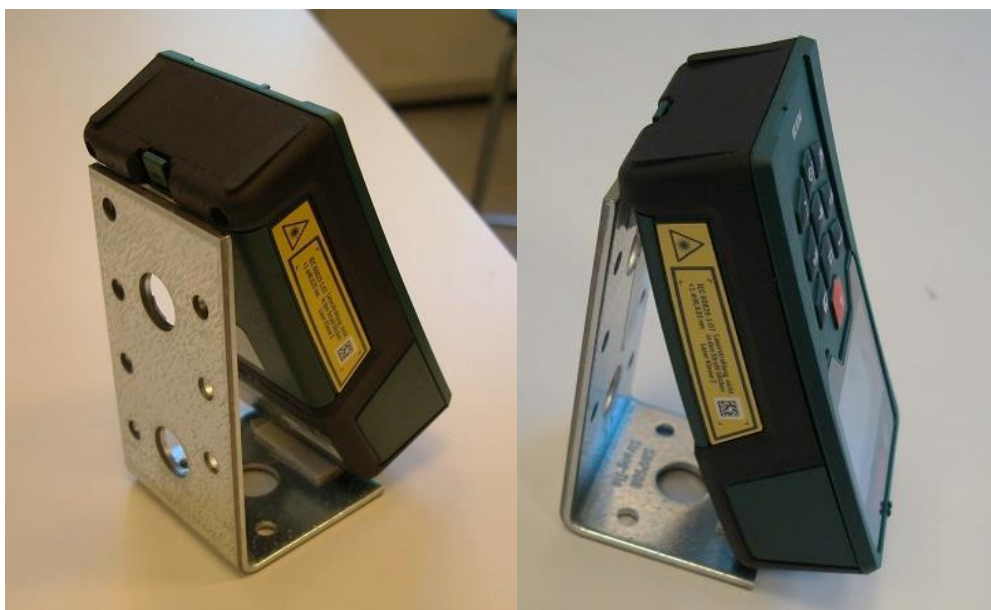
Odstraňte černou plstěnou podložku z čočky. Umístěte LDM podle následujícího schématu:

Prilepte dvě samolepicí podložky na kovový rohový podstavec, viz **A** na Obr. 1.7.



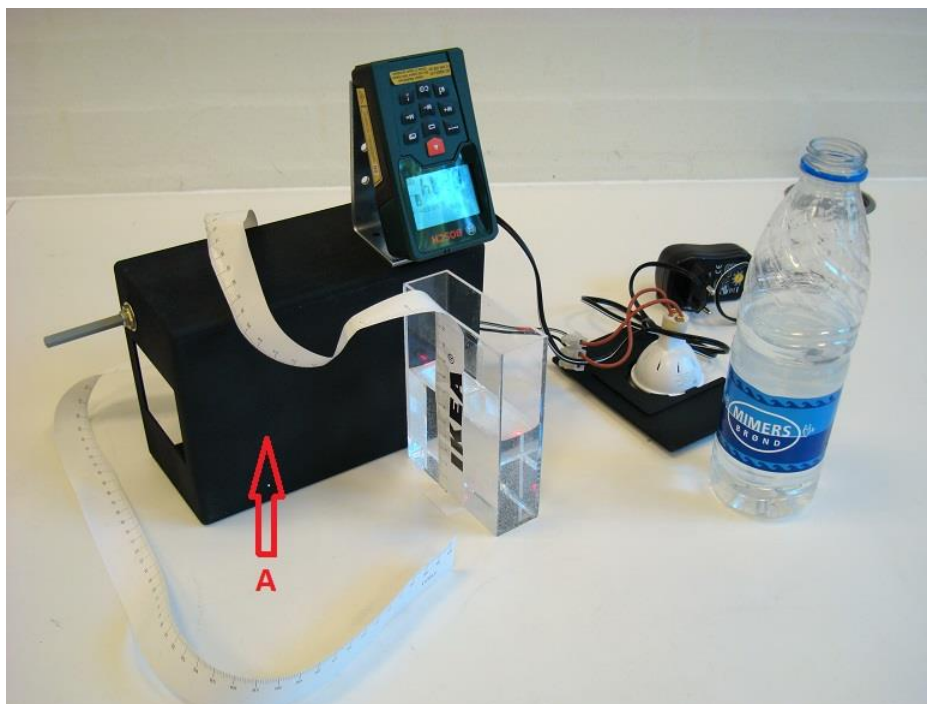
Obrázek 1.7 Schéma umístění dvou samolepících podložek na kovový rohový podstavec.

Opatrně umístěte LDM na kovový rohový podstavec, jak je ukázáno na Obr. 1.8.



Obrázek 1.8 Schéma umístění laserového délkového měřidla na kovový rohový podstavec.

Kovový rohový podstavec s LDM umístěte na černou krabičku, jak je ukázáno na Obr. 1.9. Zajistěte kovový rohový podstavec na krabičce magnetem tak, že ho umístíte zespod do vnitřku krabičky. (Malý magnet naleznete na kovovém rohovém podstavci). Je důležité, abyste umístili LDM přesně podle fotky, jelikož vrchní strana krabičky se svažuje zhruba o 4 stupně. Laserový paprsek by měl nyní volně mířit pod určitým úhlem dolů.



Obrázek 1.9 Schéma experimentu. Černá krabička slouží pouze jako podložka. Vybavení za láhvi se v této úloze nepoužívá.

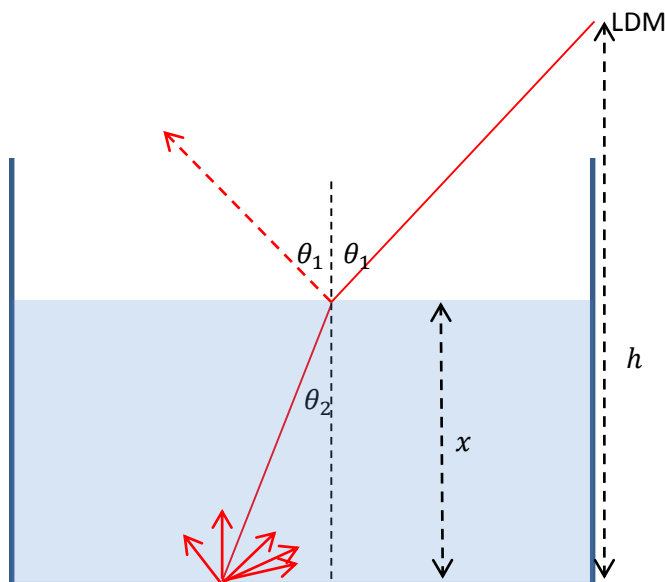
A: Důležité: Spodek černé krabičky musí mířit dopředu tak, jak je ukázáno. Strana mířící dopředu se svažuje zhruba o 4 stupně vzhledem k vodorovné rovině. Pokud budete manipulovat s LDM, používejte ho vždy se stejným úhlem.

Když zapnete LDM poté, co ho umístíte do pozice vysvětlené výše, laserový paprsek bude svírat se svislou osou úhel θ_1 . Tento úhel, který musí být stejný během celého experimentu, musíte nyní určit. Optická nádoba zde není potřeba, proto ji zatím odložte stranou.

1.3a	Změřte vzdálenost y_1 k laserové stopě, kde laserový paprsek dopadá na desku stolu. Poté LDM posuňte vodorovně, aby laserový paprsek dopadl na podlahu. Změřte vzdálenost y_2 k laserové stopě, kde laserový paprsek dopadne na podlahu. Určete chyby měření.	0,2
1.3b	Vypočtete úhel θ_1 pouze s použitím tohoto měření y_1 , y_2 a H (z úlohy 1.1a). Určete chybu měření $\Delta\theta_1$.	0,4

1.4 Pokus s optickou nádobou

Umístěte optickou nádobu tak, aby laserový paprsek dopadal na její dno přibližně uprostřed, viz Obr. 1.10. Nalijte vodu do nádoby. Hloubka vody je x . Na displeji LDM odečítejte hodnotu y .



Obrázek 1.10 Schéma laserových paprsků v optické nádobě s hladinou vody ve výšce x .

1.4a	Měřte odpovídající hodnoty x a y . Vytvořte tabulku s vámi naměřenými hodnotami. Nakreslete graf závislosti y na x .	1,6
1.4b	Pomocí rovnic teoreticky vysvětlete, jak by měl graf vypadat.	1,2
1.4c	Pomocí grafu určete index lomu n_w vody.	1,2