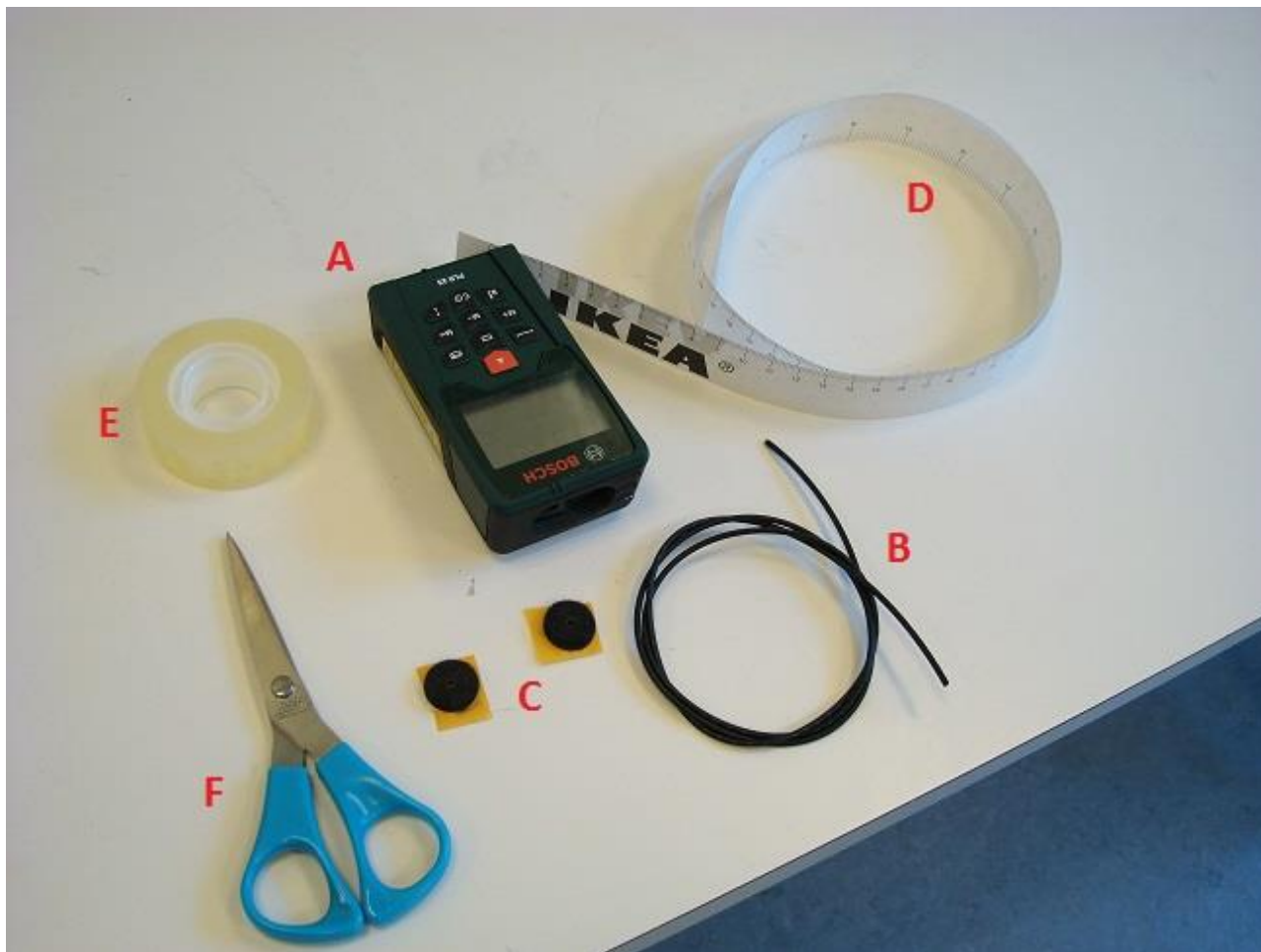


Pozn.: Všetky namerané a vypočítané hodnoty musia byť uvedené v sústave jednotiek SI a správnym počtom číslic. Nepresnosti merania uvádzajte len tam, kde sa to od Vás žiada.

1.0 Úvod

Experimenty s laserovým dĺžkomerom (LDM)



Obrázok 1.1 Pomôcky pre meranie

- A:** Laserový dĺžkomer
- B:** Kábel s optickým vláknom (približne 1 m)
- C:** Samolepiaca čierna valcová podložka s dierkou
- D:** Meradlo dĺžky
- E:** Lepiaca páska
- F:** Nožnice
- G:** Vrchnák z čiernej škatule

Laserový dĺžkomer (LDM, obr. 1.2 a 1.3) pozostáva z vysielača a prijímača. Vysielač je laserová dióda, ktorá vyžaruje modulovaný laserový lúč, tzn. laserový lúč, ktorého amplitúda sa mení s veľmi vysokou frekvenciou. Keď lúč dopadne na objekt, svetlo sa odrazí do všetkých smerov z osvetleného miesta. Časť tohto svetla sa vráti do prijímača prístroja, ktorý sa nachádza hneď

vedľa vysielača. Teleskop prístroja je zaostrený na svetelnú stopu a prijíma odrazené svetlo zo stopy. Elektronika prístroja meria časový rozdiel v modulácii vyslaného a prijatého svetla. Oneskorenie t modulácie je rovné času šírenia svetla z vysielača do prijímača. Meraný čas sa prepočítava na hodnotu veličiny

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

Táto hodnota y sa zobrazuje na displeji prístroja. Hodnota $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je rýchlosť svetla. Konštanta k závisí od nastavenia prístroja. Na prístroji možno prepínať meranie voči zadnej alebo prednej (čelnej) strane prístroja. Keď sa prístroj zapne, nastaví sa na predvolené meranie voči zadnej strane – **toto nastavenie treba ponechať počas všetkých meraní.**

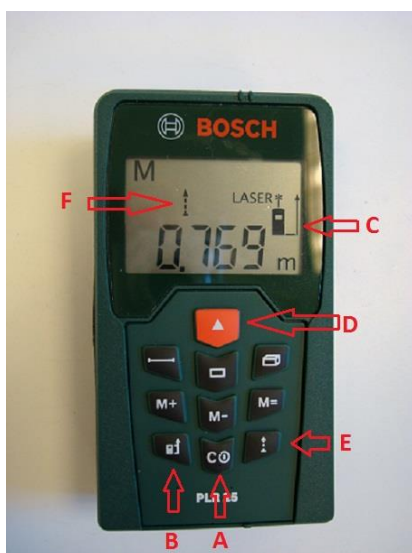
Z dôvodu paralaxy nemôže LDM merať vzdialenosti kratšie ako 5 cm. Maximálna merateľná vzdialenosť je 25 m. Tvar prístroja je taký, že zadná strana je kolmá na smer laserového lúča rovnako ako aj predná strana. Ak je prístroj položený na stole, je svetlo lúča polarizované vertikálne (kolmo na rovinu displeja).

Laserová dióda má výkonovú triedu 2, tzn. $< 1 \text{ mW}$ a vlnovú dĺžku 635 nm. Nepresnosť udávaná výrobcom je $\pm 2 \text{ mm}$.

POZOR: Laserová dióda prístroja môže poškodiť oči. Nepozerajte sa do laserového lúča ani nesviette laserom nikomu do očí!

Nastavenia LDM

Uvedený výpočet predpokladá rýchlosť šírenia svetla c . V rámci presnosti merania v tomto experimente nie je potrebné odlišovať hodnoty rýchlosti svetla vo vzduchu a vo vákuu, nakoľko index lomu suchého vzduchu pri normálnom tlaku a teplote je $1,000\,29 \approx 1,000$.



Obrázok 1.2 Neoznačených 6 tlačidiel sa nepoužije (slúžia na výpočet plochy a objemu). Používané tlačidlá sú:

- A:** Zapnutie/vypnutie
- B:** Prepínač merania voči zadnej alebo prednej strane.
- C:** Indikácia merania voči zadnej/prednej strane
- D:** Zapnite laser/Začiatok merania
- E:** Spojité meranie
- F:** Indikácia spojitého merania



Obrázok 1.3 Pohľad na laserový dĺžkomer z prednej strany:

- A:** Prijímač Šošovka teleskopu zaostrená na laserovú stopu
- B:** Vysielač: Nepozerajte sa do laserového lúča!

1.1 Meranie s laserovým dĺžkomerom

Prístroj začne merať po stlačení tlačidla **D**, pozri obr. 1.2.

1.1a	Použite LDM na zmeranie vzdialenosti H od povrchu stola k podlahe. Uveďte nepresnosť ΔH získanej hodnoty. Pomocou obrázka znázorníte, ako ste meranie uskutočnili.	0.4
------	--	-----

1.2 Experiment optickým vláknom



Obrázok 1.4 Zobrazenie kábla s optickým vláknom.

Máte k dispozícii kábel s optickým vláknom s dĺžkou približne 1 m a priemerom približne 2 mm. Kábel pozostáva z dvoch optických materiálov. Jadro (s priemerom približne 1 mm) je vyrobené z plastu s vysokým indexom lomu. Jadro je obklopené obalom tvoreným plastom s nižším indexom lomu a nad ním je ešte tmavá ochranná vrstva. Jadro a obal predstavujú vlnovod pre svetlo vnikajúce do jadra, nakoľko na rozhraní jadra a obalu dochádza k úplnému odrazu – a teda svetlo nemôže z jadra uniknúť, pokiaľ je uhol dopadu svetla na rozhranie väčší ako kritický uhol úplného odrazu. Svetlo sa tak šíri pozdĺž vlákna jadra dokonca aj keď je kábel ohnutý, pokiaľ nie je ohnutý príliš veľa.

LDM sa teraz nastaví na spojité meranie (**E**, pozri obr. 1.2), pri ktorom sa údaj displeja y aktualizuje približne každú sekundu. LDM prejde po niekoľkých minútach automaticky do stavu spánku (sleep mode). Stlačením červeného tlačidla pre štart sa prístroj reaktivuje.

Opatrne a jemne priložte na šošovku prijímača malú čiernu valcovú podložku (druhá je náhradná) s otvorom priemeru 2 mm (pozri obr. 1.3A). Adhézna strana podložky sa jemne pritlačí na šošovku.

Kábel s dĺžkou x vložte do otvoru podložky tak, aby sa dotýkal šošovky, obr. 1.5.



Obrázok 1.5 (a) Podložka a optický kábel. **(b)** Priloženie optického kábla.

Druhý koniec kábla držte pri ústí vysielača, tak aby sa dotýkal skla uprostred laserového lúča. Prečítajte zobrazenú hodnotu y na displeji. Nožnice možno použiť na skracovanie kábla na rôzne dĺžky x .

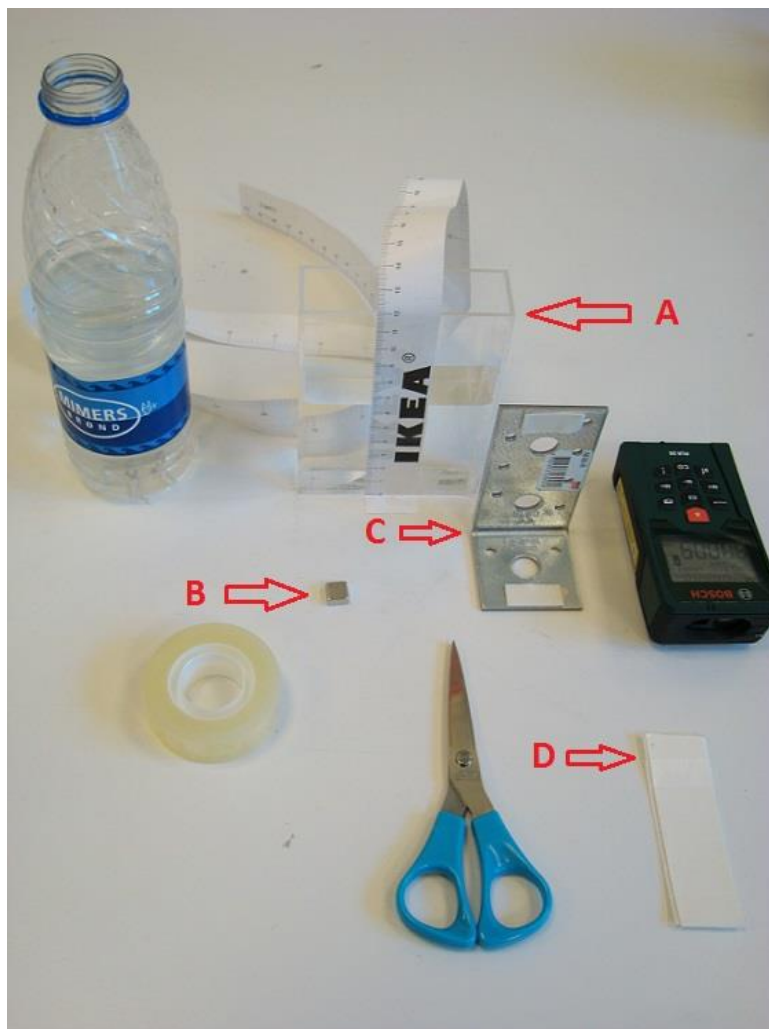
Pozn.: Premyslite si postupné skracovanie kábla, lebo iný kábel už nedostanete.

Všimnite si, že po dlhšom meraní v spojitom režime sa môže rozsvietiť ikona teplomera z dôvodu prílišného zohriatia elektronických obvodov prístroja. Ak sa tak stane, na chvíľu LDM vypnite aby sa prístroj ochladil.

1.2a	Zmerajte zodpovedajúce dvojice hodnôt x a y . Merané hodnoty zapíšte do tabuľky. Zostrojte graf závislosti y od x .	1.0
1.2b	Zo získaného grafu určte index lomu n_{co} materiálu jadra optického kábla a vypočítajte jemu zodpovedajúcu rýchlosť v_{co} svetla, ktorou sa svetlo šíri pozdĺž optického kábla.	1.0

1.3 Laserový dĺžkometer naklonený voči zvislému smeru

V tejto časti budete potrebovať tieto ďalšie pomôcky podľa obr. 1.6.

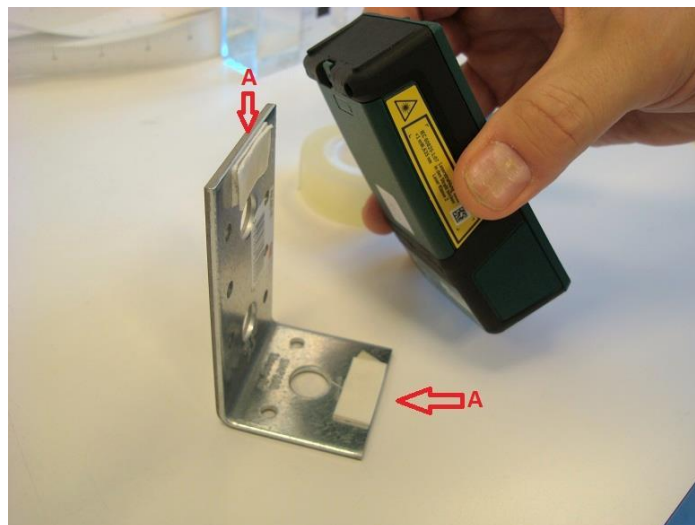


Obrázok 1.6 Pomôcky na obrázku:

- A:** Optická nádoba s vodou a meradlom
- B:** Magnet na uchytenie uholníka na hornom konci čiernej škatule. (Magnet sa nachádza na uholníku).
- C:** Uholník so samolepiacimi penovými podložkami
- D:** Samolepiaca penová podložka

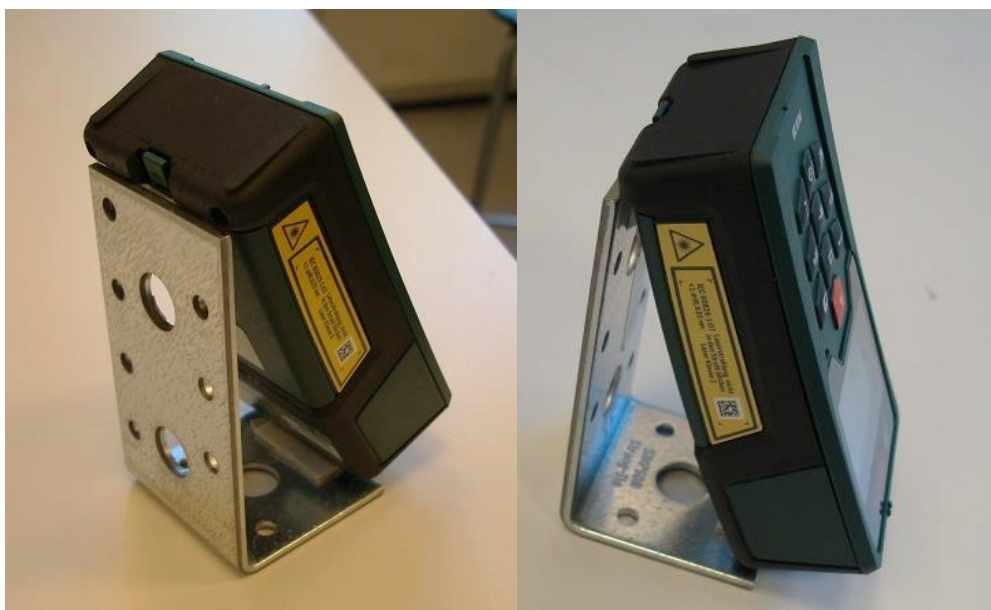
Odlepte čiernu podložku z šošovky objektívu. LDM treba umiestniť nasledovne:

Prilepte dva pásiky samolepiacej podložky k ocel'ovému uholníku, pozri **A** v obr. 1.7.



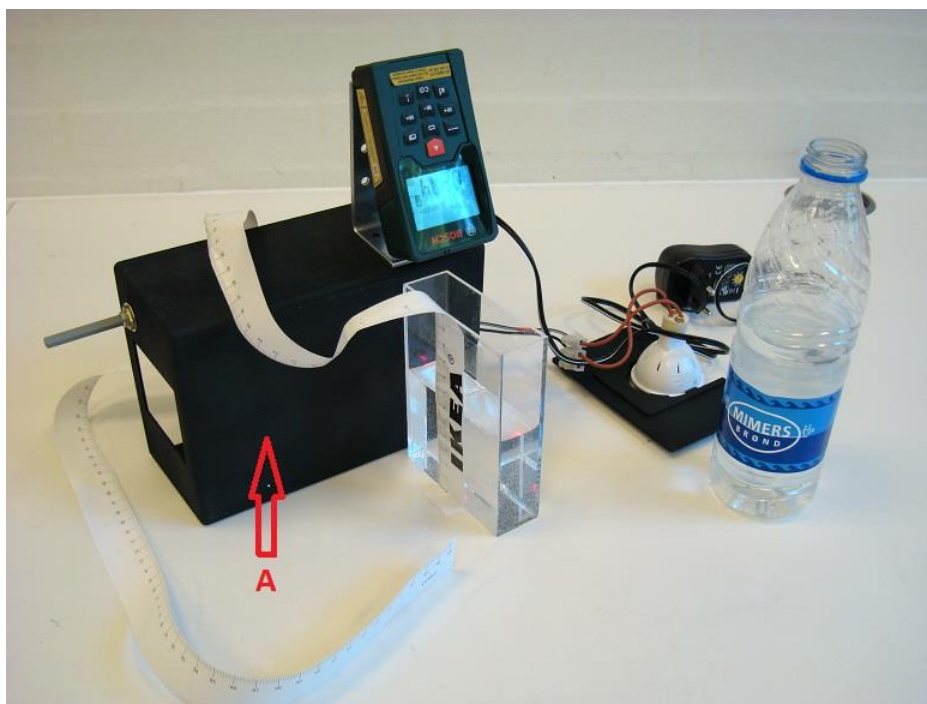
Obrázok 1.7 Ako prilepiť samolepiace pásiky k ocel'ovému uholníku.

LDM opatrne umiestnite na uholník tak, ako je ukázané na obr. 1.8.



Obrázok 1.8 Ako umiestniť laserový dĺžkomer na ocel'ový uholník.

Ocel'ový uholník s LDM sa upevní na vrch čiernej škatule (v tejto úlohe použitej iba ako podložka), obr. 1.9. Polohu uholníka zaistíte pomocou magnetu umiestneného z vnútornej strany škatule. (Drobný magnet nájdete na uholníku). Je dôležité upevniť uholník presne ako to vidno na fotografii tak, aby predná strana škatule bola naklonená približne 4° voči zvislému smeru. Laserový lúč tak možno namieriť bez prekážky dolu pozdĺž uholníka.



Obrázok 1.9 Usporiadanie experimentu. (Čierna škatuľka v tomto experimente slúži len ako podložka. Pomôcky za fľašou v tomto experimente tiež nepoužívajte.)

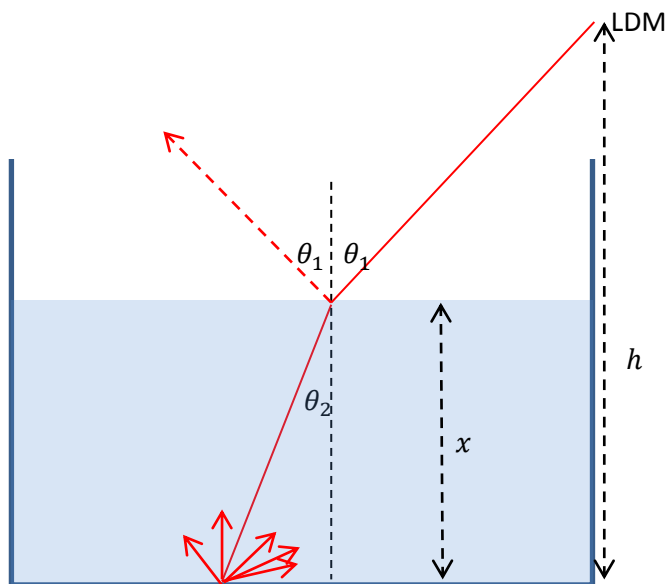
A: Dôležité: Dno čiernej škatule musí smerovať dopredu ako vidno na obrázku. Strana smerujúce nahor má sklon voči horizontálnej rovine približne 4° . Presvedčte sa, že uhol θ_1 sa nemení počas celého vášho merania.

Ak sa LDM upevní ako je ukázané, lúč je odklonený o uhol θ_1 voči zvislej priamke. Tento uhol, ktorý sa nemá meniť počas vášho merania, teraz treba určiť. K tomu nepotrebuje optickú nádobu, preto ju dajte nabok.

1.3a	Zmerajte vzdialenosť y_1 k laserovej stope dopadu lúča na dosku stola. Potom posúvajte škatuľu s LDM vodorovne až kým laserový lúč nedopadne na podlahu. Zmerajte vzdialenosť y_2 k laserovej stope na podlahe. Určte nepresnosť hodnôt.	0.2
1.3b	Vypočítajte uhol θ_1 s použitím iba nameraných hodnôt y_1 , y_2 a H (ktorú ste určili v časti 1.1a). Určte nepresnosť výsledku $\Delta\theta_1$.	0.4

1.4 Experiment s optickou nádobou

Umiestnite optickú nádobu tak, aby lúč dopadol na dno nádoby približne uprostred, obr. 1.10. Nalejte do nádoby trochu vody. Hĺbka vody je x . Prečítajte hodnotu y na displeji LDM.



Obrázok 1.10 Priechod lúča v optickej nádobe s vodou s hĺbkou x .

1.4a	Zmerajte pre rôzne hĺbky zodpovedajúce hodnoty x a y a usporiadajte ich do tabuľky. Zostrojte graf závislosti y od x .	1.0
1.4b	S použitím príslušných rovníc vysvetlite, ako by mal graf teoreticky vyzerat'.	2.0
1.4c	Použite váš graf na určenie indexu lomu vody n_w .	2.0