

Laserski žarek ujet v vodnem curku

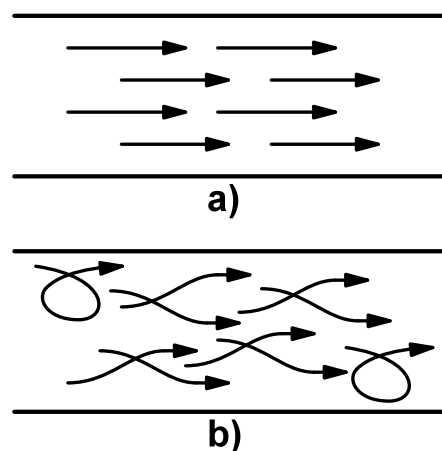
Laminarni tok



Narava je velikokrat lahko zelo turbulentna. Nevihte z močnimi sunki vetra, strele, valovi, reke, slapovi. A vsake toliko so umiri. Po nevihti veter poneha, valovi se umirijo, voda počasi odteče proti potokom in odtokom. Takrat lahko vidimo pojav laminarnega toka vode. Prepoznamo ga po tem, da je curek vode navidezno zamrznjen v prostoru. Zdi se, kot da se ne premika, da voda pravzaprav sploh ne teče, je povsem gladek in prav nič ne zmoči svoje okolice.

Laminarni curek vode vidimo, kadar praznimo bazen ali večji rezervoar za vodo s popolnim odprtjem okroglega izpustnega ventila. Ta se pojavi tudi pod pipo če za varčevanje na njenem ustju ni nameščen perlator, ki v vodo dodaja zračne mehurčke. Tudi nekateri visokogorski izviri lahko ob nižjem vodostaju proizvedejo podoben pojav, ki ga zmotimo šele, ko želimo iz njega piti vodo.

Laminarni tok je dinamična lastnost delcev tekočine, ki sledijo gladki poti v plasteh, pri čemer se plasti med seboj prav nič (ali pa zelo malo) mešajo. Laminarni tok se največkrat vzpostavi, kadar delci (tekočine) pri nizki hitrosti potujejo mimo gladke stene. Če se pri tem ne



Slika 1: Prikaz laminarnega a) in turbulentnega b) toka.



pojavi vrtinci ali navzkrižni tokovi (zaradi hrapavosti površine ali ovir), se tudi preostali delci uredijo v ravne plasti, vzporedne gladki steni.

Seveda se lahko pri toku tekočine skozi zaprti kanal, kot je cev ali dve vzporedni ravni plošči, glede na njeno hitrost in viskoznost pojavita dve vrsti toka: laminarni ali turbulentni tok. Laminarni tok se pojavi pri nižjih hitrostih, pod pragom, nad katerim tok postane turbulenten. Ta je odvisen od viskoznosti tekočine in dimenzije kanala (cevi) skozi katerega tekočina potuje.

Laminarni tok večinoma želimo pri izgradnji fontan, kjer ustvarimo optično iluzijo vode, ki je navidezno zamrznjena v prostoru. Pri večjih fontanah se prav tako poslužujemo laminarnega toka, saj želimo manjše škropljenje vode. Še več. V tako ustvarjen vodni curek lahko ujamemo svetlobo, podobno kot to storimo z optičnim vlaknom, in s tem ustvarimo še lepše efekte!

Pri nalogi bomo spoznali načine ustvarjanja laminarnega toka, poskušali vanj ujeti laserski žarek, opazovati njegovo pot, ter izdelati pripomoček za ustvarjanje laminarnega toka, ki ga bo lahko poganjala vodna črpalka ali vrtna cev.

Potrebni pripomočki

Za izvedbo naloge potrebujemo:

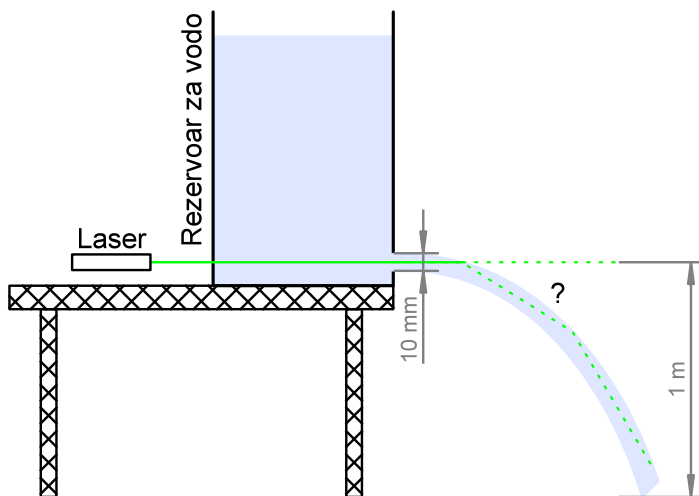
- Plastični rezervoar za vodo (lahko večja plastenka)
- Zelen laserski kazalnik (lahko rdeč)
- Vrtalnik in sveder premera 10 mm
- (dodatno) Plastične slamice za večkratno uporabo (približno 300 kos)
- (dodatno) Mreža proti komarjem
- (dodatno) Kos pleksi stekla ali prozorne plastike
- (dodatno) Priključek za vrtno cev ali kovinski natič za gumijasto cev
- (dodatno) Silikon
- (dodatno) Bela električna trda inštalacijska cev $\varnothing \sim 20$ mm
- (dodatno) Plastična odtočna cev (siva) $\varnothing 25$ cm, dolžina 50 cm
- (dodatno) 2x Končni pokrov plastične cevi $\varnothing 25$ cm
- (po potrebi) Podaljšek plastične cevi $\varnothing 25$ cm

Opis poteka naloge

Naloga se bomo lotili v dveh korakih, najprej bomo poskusili izdelati laminarni tok vode in vanj ujeti laserski žarek z uporabo preprostih sestavnih delov in pripomočkov. Nato bomo (dodatno) izdelali pripomoček, ki bo laminarni tok ustvaril z uporabo močne črpalke za vodo, s tem pa lahko curek potisnil več metrov stran!

Za začetek poiščemo primeren rezervoar za vodo v katerega lahko izvrtamo luknjo. To je lahko večja plastenka za vodo (10 L), vrč ali posoda za shranjevanje tekočin. Te navadno pridejo s pipo ali pokrovčkom na dnu posode, ki ga zlahka odstranimo in vanj izvrtamo luknjo premera 10 mm (Manjša luknja proizvede zelo tanek curek, večjo hitrost vode, s tem pa precej turbulenten tok. Poleg tega je vanj zelo težko pociljati laserski žarek).

V tanko plastično posodo bo vrтанje luknje neuspešno. Ustvarimo jo lahko s spajkalnikom ali segrevanjem železne palice, s katero nato stopimo luknjo v plastiki.



Slika 2: Skica preproste izvedbe laminarnega toka.

saj se ta dobro vidi tudi podnevi, lahko pa ga zamenjamo z rdečim in ustrezno zatemnimo prostor v katerem izvajamo poskus. Žarek usmerimo vodoravno v odprtino rezervoarja, kot to prikazuje Slika 2. Če rezervoar za vodo ni prozoren, bomo morali na hrbtne strani izrezati luknjo za prozorno pleksi steklo, ki ga na plastiko prilepimo s silikonom in počakamo, da se ta dobro posuši.

Ustvarjena izhodna luknja za vodo mora biti čim bolj ostra, brez izboklin in razcefranih delov, ostankov vrтанja. Popravimo jo lahko s finim brušenjem, da bo na otip povsem gladka. Kakršna koli nepravilnost bo namreč povsem onemogočila poskus.

Opazujemo kaj se dogaja z laserskim žarkom na začetku, ko je rezervoar z vodo povsem poln in hitrost izstopa vode največja, ter proti koncu, ko se rezervoar že prazni. Vodo lahko seveda pri tem ujamemo v večjem vrču in poskus večkrat ponovimo!

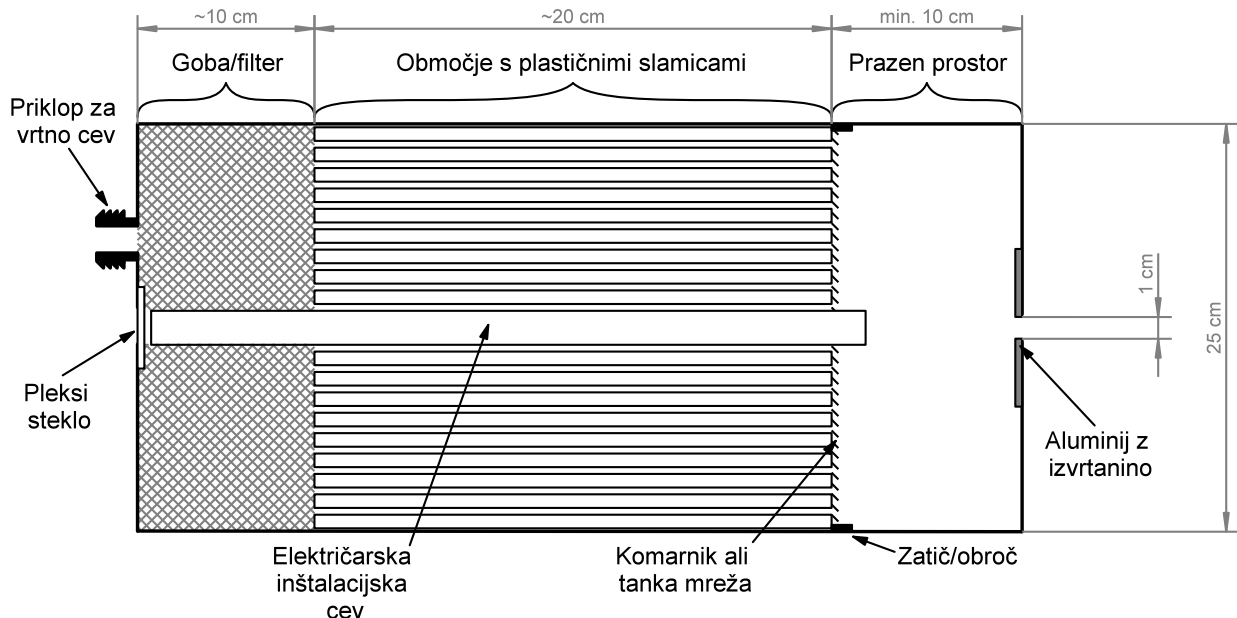
Dodatno

Tako izdelan poskus ima žal večjo pomanjkljivost. Deluje lahko zelo kratek čas, pri tem pa je lok curka povsem odvisen od količine vode nad odprtino, zato se razmere pri lovljenju laserskega žarka hitro spreminjajo. Delno lahko težavo rešimo s plitvim in zelo širokim rezervoarjem, kjer se bo gladina vode, s tem pa pritisk pri izstopu zmanjševal precej počasneje, kot v primeru ozkega in visokega rezervoarja, kot ga prikazuje Slika 2.

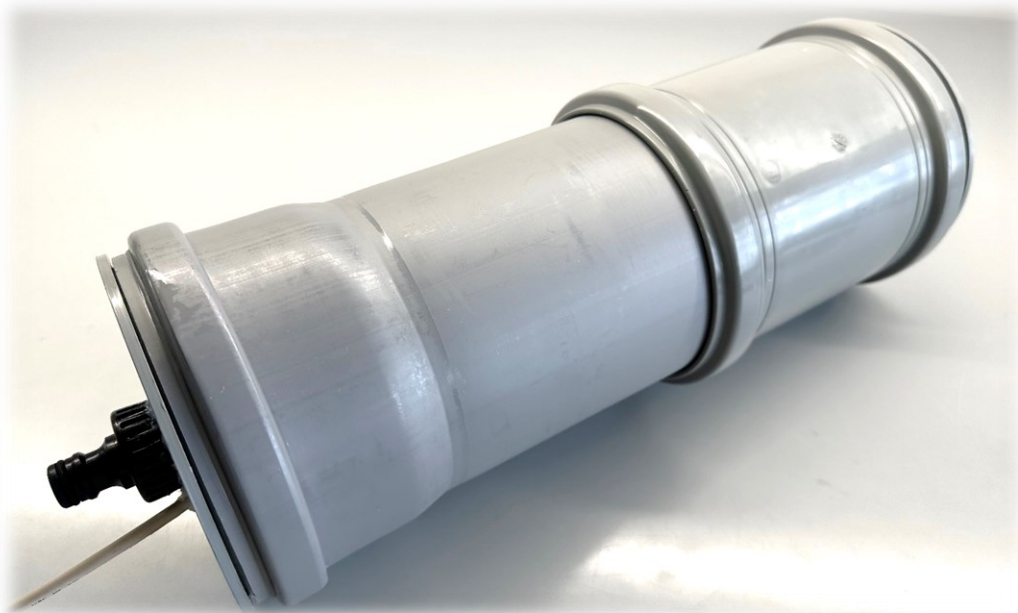
Težavo lahko odpravimo s posebnim nastavkom, ki ga priključimo na izhod črpalke, pipe, ali vrтne cevi. Nastavka ne moremo kupiti, zato ga bomo izdelali sami!

Najprej je potrebno razmisliti, kaj so potrebni pogoji za ustvarjanje laminarnega toka. Hitrost vode moramo upočasniti, ta pa mora teči v bližini ravne stene, da se vsi vrтični tokovi umirijo. Hitrost vode iz vodovodne napeljave je prehitra (velik pretok skozi ozko cev), kljub temu, da so stene cevi lahko povsem ravne. V zaprtem sistemu (takšnem brez zraka) lahko hitrost vode in s tem pretok upočasnimo tako, da premer cevi razširimo. S tem sicer ustvarimo nov

problem, saj bo sedaj ravna stena, ob kateri se oblikuje laminarni tok, lahko precej oddaljena od sredinskih plasti vode, ki se tako ne bodo uspeli poravnati v laminarni tok. Znotraj razširjenje cevi zato potrebujemo vrsto manjših (ozkih) ravnih cevk, ki skupaj tvorijo veliko površino gladkih zidov.



Slika 3: Prikaz stranskega prereza pripomočka za ustvarjanje laminarnega toka.



Slika 4: Izgled nastavka in leve strani. Viden je priključek za cev in žica za napajanje vodoodpornega laserja, ki se nahaja v notranjosti.

Za lažjo predstavo si najprej pogledjmo bočni prerez strukture, ki ga prikazuje Slika 3. Ta je sestavljena iz ene same vodovodne odtočne cevi premera 25 cm. Na levi strani se nahaja priključek za vrtno cev, ki ga dobimo v vseh boljše založenih tehničnih trgovinah. Omogoča nam hitrejše razstavljanje našega eksperimenta. Voda nato vstopi v področje, ki je napolnjeno z gobo ali filtrirno peno. Namen pene je čim bolj razbiti curek vode, predno ta napolni naslednji

prekat. Po peni se nahaja množica plastičnih slamic za večkratno uporabo, ki zapolnjujejo ves notranji prostor cevi. Na koncu sledi prazen prostor, kjer se plasti vode zopet združijo (tokrat že v laminarnem režimu), predno skupaj izstopijo iz odprtine na koncu cevi.

Plastične slamice lahko v cev namestimo precej na tesno tako, da bodo stale pri miru. Ker se na levi strani nahaja pena/goba, se tja ne bodo premaknile. Težava z drsenjem se lahko pojavi v desno smer, kjer se nahaja prazen prostor. Da slamice zadržimo na mestu jih po potrebi prekrijemo z mrežo za komarje (ali drugo tanko mrežo), ki jo na robovih zatakamo ob plastičen obroč nameščen na notranji strani.

Plastičen obroč je zgolj kratek odsek odtočne cevi z zarezo na sredini. Ker je notranji premer cevi nekoliko manjši od premera plastičnega obroča, ga lahko skupaj z mrežo v notranjosti zagozdimo zelo tesno.

Za plastične odtočne cevi je mogoče kupiti plastičen pokrov, ki paše na eno stran naše cevi. Ta nam bo omogočal, da naš poskus večkrat razdremo in popravimo. Na preostali konec (kamor pokrov ne nasede) lahko s silikonom sami zalepimo plastiko, ki smo jo prehodno izrezali iz ravne plošče, ali pa kupimo podaljšek za plastično odtočno cev (tesnila na obeh koncih) ter dodaten pokrov. Tako bomo lahko naš poskus razstavili iz obeh smeri. Slika 4 prikazuje izgled odtočne cevi s plastičnima pokrovoma in podaljškom (vidnim na desni strani).

Izstop vode potrebuje ustrezno šobo. To bo najlažje narediti s pomočjo tanke aluminijaste ploščice, v katero izvrtamo luknjo premera 10 mm (po potrebi jo dodatno zbrusimo). Aluminijasto ploščico lahko pridobimo z razrezom pločevinke aluminijaste pijače, le vrtanje bo nekoliko bolj zahtevno, saj bo ploščica res tanka. Nato jo s silikonom nalepimo na notranjo stran plastičnega pokrova odtočne cevi, v katero predhodno izvrtamo večjo luknjo (12 mm).

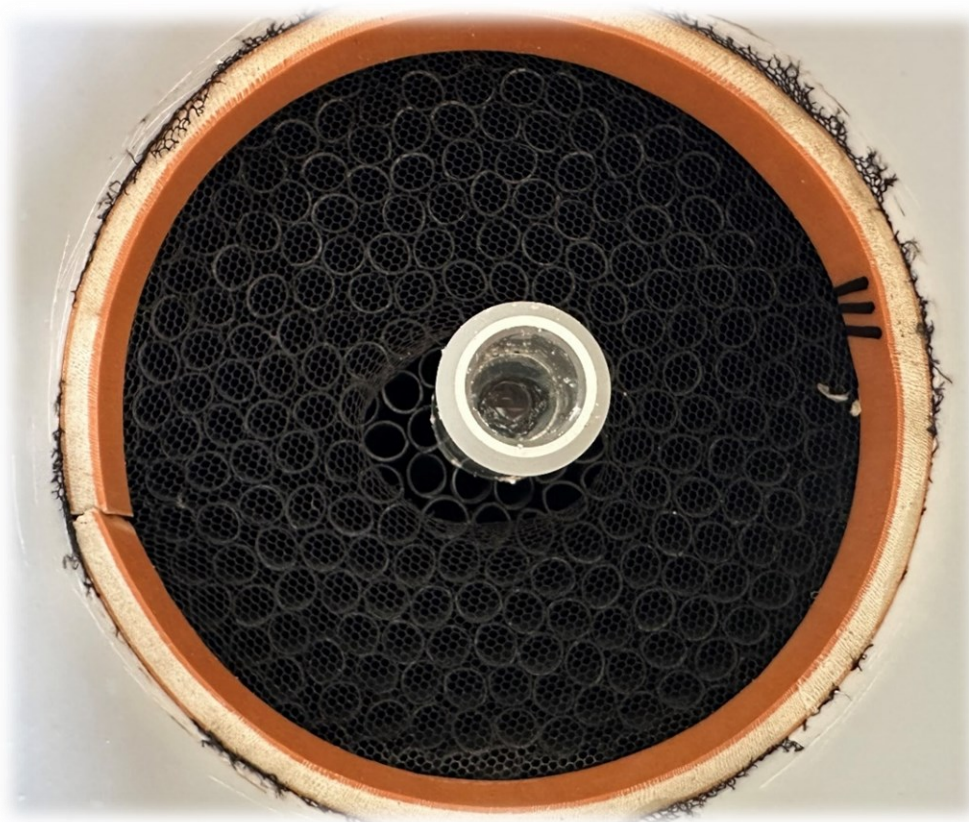
Šobo lahko nalepimo tudi na zunanjo stran, a moramo pri tem paziti na ostanke silikona, da ne bodo kazili oblike luknje.



Slika 5: Šoba izstopnega dela (iz notranjosti je nalepljena aluminijasta ploščica).

Če želimo v vodni curek uloviti še laserski žarek imamo dve možnosti. Prva je uporaba vodoodpornega laserja, oziroma njegovo nameščanje v vodotesno ohišje. Take pripomočke je

malce težje dobiti, zato lahko uberemo drugačen postopek. Točno na sredino namestimo belo plastično inštalacijsko cev (oddelek za elektriko) premera približno 20 mm. Na strani priklopa za vodo nato na sredini zopet izvrtamo luknjo, ki jo prekrijemo s pleksi steklom. Tega na plastični pokrov prilepimo s silikonom. Tako bomo lahko z laserjem posvetili neposredno skozi naš pripomoček in zagotovo uspeli uloviti laserski žarek v vodni curek.



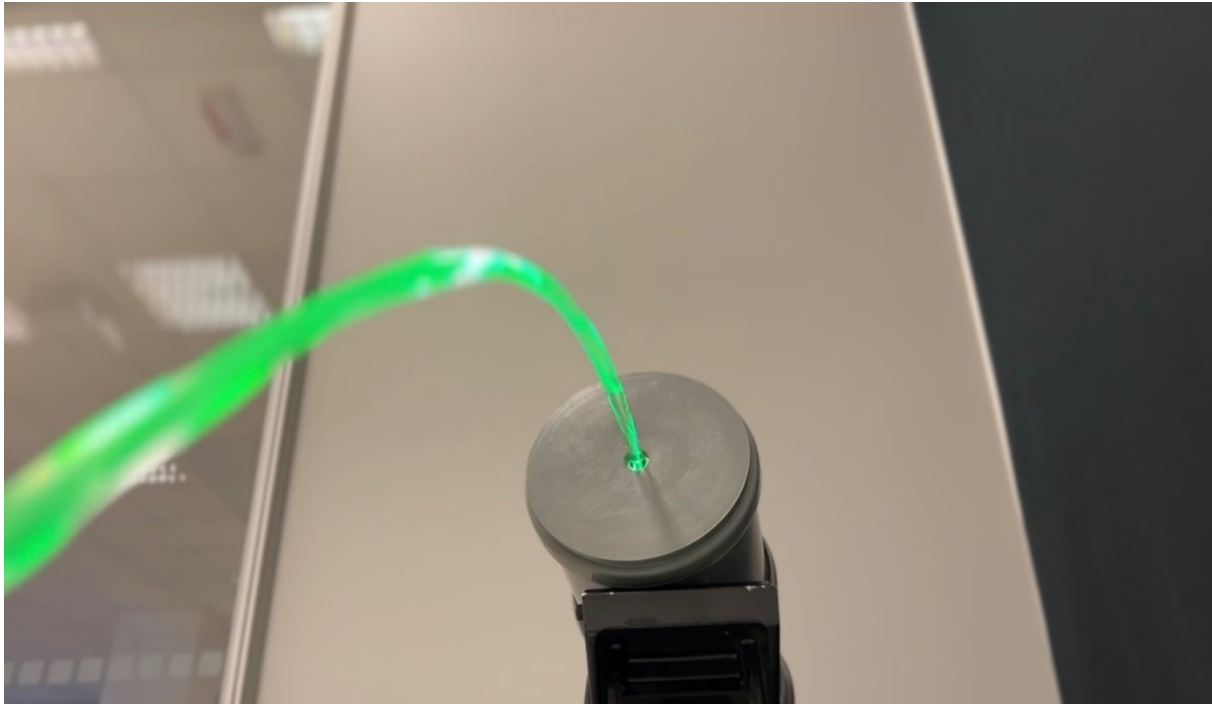
Slika 6: Pogled na satovje slamic iz desne notranje strani. Slamice prekriva mreža za komarje, ki je v notranjost pričvrstena s plastičnim obročem. Na sredini se nahaja leča vodoodpornega laserja, ki je v našem primeru lahko tudi večja votla cev.

Plastična cev za laserski žarek ima sicer precej večji premer od slamic, a to ne bo povzročalo večjih težav. Kot to prikazuje Slika 3, se njeno dolžino podaljša tudi skozi prekat s filtrirnim materialom, čim bližje pleksi stekla. Zaradi tega bo skozi cev teklo zelo malo vode, kar pomeni, da bo zaradi majhnega pretoka še vedno prišlo do vzpostavitve laminarnega toka. Vgrajen (vodoodporen) laser je priročen, kadar želimo izdelati prenosni eksperiment.

Sedaj je čas, da naš pripomoček prvič preizkusimo. Priključimo cev, pripomoček postavimo navpično (z odprtino navzgor) in ga s pomočjo črpalke ali vodovodnega omrežja pričnemo počasi polniti z vodo. Za optimalno delovanje moramo iz njega spraviti vse zračne mehurčke. Ko voda že izstopa iz odprtine, cev večkrat rahlo udarimo (po njej tapnemo), da sprostimo še preostale ujete mehurčke.

Z nastavljanjem pretoka (črpalka ali pipa) lahko uravnavamo kako daleč potuje naš curek. Ko smo zagotovili neprestano delovanje, se lotimo nameščanja laserja. Z njim poskušamo posvetiti točno v sredino izstopnega curka vode in opazujemo kaj se dogaja s svetlobno črto, ki jo pušča za seboj.

Če kljub uporabi nastavka voda še vedno izstopa v obliki turbulentnega toka, imamo najverjetneje težave s šobo. To mora imeti res čim bolj gladek rob v obliki popolnega kroga. Poskus razstavimo in dodatno pobrusimo šobo. Če to ne pomaga, namestimo bolj gost filtrirni material na začetku nastavka. Če tudi to ne pomaga imamo morda predebele slamicke, ki jih bo potrebno menjati s tanjšimi.



Slika 7: Prikaz delovanja. Laserski žarek po curku pripotuje vse do zbiralne posode.

Nasveti

- Če se laserski žarek v vodi slabo vidi, lahko dolijemo nekaj mleka. Ta bo rahlo zameglil kristalno čisto vodo in sipanje laserskega žarka bo bolj vidno.
- Če razpolagamo z vodoodpornim laserjem, ali ga lahko zapremo v vodoodporno vrečko ali ohišje, ga poskušamo namestiti tudi v vodo. Od odprtine naj bo oddaljen vsaj 15 cm, da ne bo povzročal vrtničnih tokov.
- Izdelava nastavka za ustvarjanje laminarnega toka ni potrebna za uspešno izvedbo tekmovalne naloge in razumevanje celotnega delovanja poskusa, vendar je zelo zanimiva in poučna naloga, poskus pa lahko namestimo tudi na trajno mesto.

Vprašanja za razmislek

- Zakaj se laserski žarek na prehodu voda / zrak odbije in potuje nazaj v vodo?
- Kaj bi se zgodilo, če bi vodo nadomestili s prozornim oljem?
- Kdaj laserski žarek pri enostavni izvedbi laminarnega toka prepotuje vse do konca curka, ko ta že zadene tla?
- Ali poskus pri enostavni izvedbi deluje, če v rezervoar neprestano prečrpavamo dodatno vodo?