

Interferenca na površinskih valovih

Uvod

Nastanek in potovanje površinskih valov na površinah kapljevina sta pomembna in znana pojava. Pri teh valovih k sili, ki vrača nihajoči sistem v ravnovesje, prispevata teža in površinska napetost. Pri valovnih dolžinah, ki so mnogo krajše od kritične valovne dolžine λ_c je teža zanemarljiva.

Upoštevamo le površinsko napetost. ($\lambda_c = 2\pi \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$, σ je koeficient površinske napetosti, ρ je gostota kapljevine in g je težni pospešek.) Pri tem eksperimentu boš obravnaval površinske valove, ki imajo valovne dolžine mnogo krajše od λ_c .

Površinska napetost je lastnost površin kapljevina, ki povzroči, da se površina kapljevine obnaša kot prožna opna. Ko površino na nekem mestu motimo, potuje po površini motnja kot površinsko valovanje, enako kot po prožni napeti opni. Pri tem poskusu valove na vodni površini ustvarja električni vibrator (zvočnik). Ko na valujočo vodno površino vpade laserski curek, delujejo površinski valovi na njej kot odbojna uklonska mrežica. V odbiti svetlobi lahko opazimo razločen interferenčni vzorec.

Površinski valovi so tudi dušeni (njihova amplituda se manjša vzdolž poti, ki jo opravijo). Dušenje je posledica viskoznosti kapljevine; lastnosti, da se sosednje plasti kapljevine upirajo medsebojnemu relativnemu gibanju.

Naloga

Z meritvami interference svetlobe, odbite od površinskih valov na vodni gladini, določi koeficient površinske napetosti za vodno gladino in koeficient viskoznosti vode.

Pripomočki

	[1]	Merilnik osvetljenosti (povezan je z detektorjem svetlobe)
	[2]	Detektor svetlobe, pritrjen na digitalno kljunasto merilo, ki je v stojalu zaslona
	[3]	Tablica (uporabljena bo kot sinusni generator)
	[4]	Multimeter
	[5]	Škatla za upravljanje vibratorja
	[6]	Lesena deska
	[7]	Par kovinskih vodil za premikanje detektorja svetlobe
	[8]	Nastavljiv napajalnik (DC) za laser
	[9]	Inbus ključ, šiviljski meter in plastično merilo

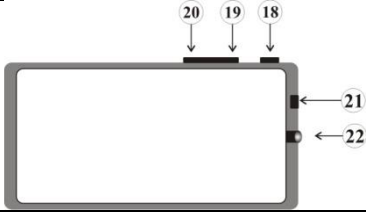
Slika 1: Pripomočki na leseni deski

	[10]	Merilo in drsnik z oznako lege vibratorja
	[11]	Vibrator
	[12]	Pladenj za vodo
	[13]	Šotor
	[14]	Pripomočki za nastavitve višine, na kateri je vibrator
	[15]	Laser 2 (valovna dolžina $\lambda_L = 635$ nm)
	[16]	Voda
[17]	500 ml merilni valj	

Slika 2: Pripomočki vibrator/laser

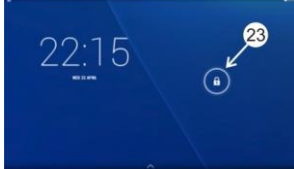



Opis pripomočkov

a) Tablica kot sinusni generator

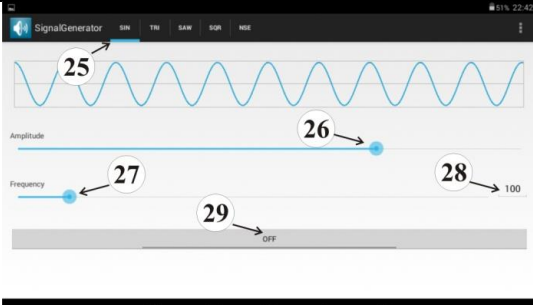
	[18]: Gumb za vklop/izklop
	[19]: Večja glasnost
	[20]: Manjša glasnost
	[21]: Vhod za napajalni kabel
	[22]: Vhod za avdio kabel iz škatle za upravljanje vibratorja [5]

Slika 3: Gumbi in vhodi na tablici

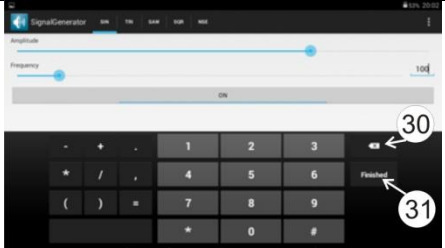
- Opombe
- Tablica naj bo ves čas priklopljena na napajalnik.
 - Nežno pritisni na gumb za vklop *enkrat*, da se prikaže začetni zaslon.
 - Gumb za glasnost [19] naj bo ves čas nastavljen na maksimum.

			
Dotakni se ikone [23] in jo podrsaj, da jo odkleneš		S prstom se dotakni ikone [24], da poženeš aplikacijo sinusni generator	

Slika 4: Začetni zaslon na tablici

	[25]: Gumb za izbiro oblike signala (naj bo ves čas "SIN")
	[26]: Drsnik za spreminjanje amplitude
	[27]: Drsnik za spreminjanje frekvence
	[28]: Okno, ki prikazuje frekvenco v Hz.
	[29]: Gumb za spremembo in prikaz stanja aplikacije "OFF" - sinusni generator je izklopljen "ON" - sinusni generator je vklopljen

Slika 5: Aplikacija sinusni generator

	<p><i>Spreminjanje frekvence</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • S prstom se dotakni okna za prikaz frekvence [28] (slika 5), da se prikaže številčna tipkovnica • Uporabi gumb za brisanje [30] da zbrišeš vrednost frekvence • Vpiši željeno frekvenco in pritisni gumb "Finished" [31]
---	---

Slika 6: Zaslon kaže številčno tipkovnico za vnos frekvence

Spreminjanje amplitude

- Uporabi drsnik za spreminjanje amplitude [26] na zaslonu tablice ali vrtljivi gumb [33] na škatli za upravljanje vibratorja [5].

b) Škatla za upravljanje vibratorja, multimeter, DC napajalnik in povezave med njimi


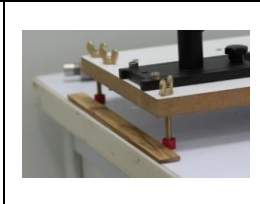
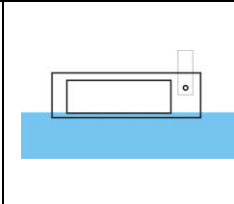
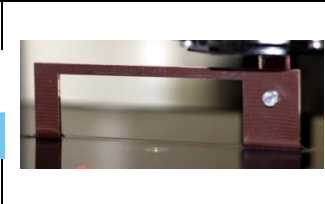

[32]: Vhodi za vodnike iz multimetra	[37]: Ploščica vibratorja za vzbujanje valov	
[33]: Gumb za spreminjanje amplitude sinusnega signala	[38]: Priključek vodnika do vibratorja	
[34]: Vhod za priključek vodnika do vibratorja	Slika 8: Vibrator [11]	
[35]: USB priključek za priklop na DC napajalnik	[39]: Gumb za izbiro AC/DC	[43]: Gumb za izbiro jakosti (naj bo ves čas v legi "High")
[36]: Avdio priključek za priklop na tablico	[40]: Gumb za izbiro merilnega območja	[44]: USB vhod za USB priključek vodnika iz škatle za upravljanje vibratorja
	[41]: Vhodi	[45]: Vhod za priključni vodnik iz laserja 2
Slika 7: Škatla za upravljanje vibratorja [5]	Slika 9: Multimeter[4]	Slika 11: DC napajalnik [8]

[36]→[22]	[38]→[34]	[41]↔[32]	[35]→[44] in [42]→[45]
Slika 12: Povezave med tablico, škatlo za upravljanje vibratorja in DC napajalnikom			

c) Detektor svetlobe in merilnik osvetljenosti

[46]: Okrogla odprtina na detektorju svetlobe	Del kljuna na gibljivem delu kljunastega merila se sklada z režo na zadnji strani detektorja svetlobe.
[47]: Gumb za vklop merilnika osvetljenosti	Ta del kljuna privij na to režo z inbus ključem.
[48]: A, B, C – Območja občutljivosti merilnika svetlobe	
Slika 13: Detektor svetlobe in merilnik osvetljenosti	Slika 14: Nameščanje detektorja svetlobe

Začetne nastavitve

				
<p>Slika 15: Odstranitev desnega zrcala</p>	<p>Slika 16: Podnožni vijaki se dotikajo lesene deščice na delovni mizi</p>	<p>Slika 17: Pravilna lega ploščice za vzbujanje valovanja in črn vijačni gumb za nastavljanje višine</p>		

1. Iz DC napajalnika iztakni priključni vodnik laserja 1 in priključi na njegovo mesto vodnik laserja 2. Opomba: Laser 2 je že nastavljen tako, da je curek svetlobe pravilno nastavljen na ustrezni vpadni kot. Laserja 2 se ne dotikaj!

2. Odstrani desno zrcalo, ki si ga uporabil pri E-I tako, da odvijesh vijak pod leseno desko (slika 15).

3. Odstrani zaslon, ki si ga uporabil pri E-I in v isto stojalo namesti kljunasto merilo z detektorjem svetlobe. Stojalo postavi med kovinski vodili na deski [7].

4. Uravnaj lego deske [6] z njenimi podnožnimi vijaki, ki se dotikajo lesene deščice, ki je pritrjena na delovno mizo (slika 16).

5. Dvigni stransko steno šotora, ki ščiti vibrator in laser. Z merilnim valjem [17] nalij v pladenj [12] 500 ml vode.

6. Vključi laser. Na detektorju svetlobe vidiš lasersko piko svetlobe, ki se je odbila od vodne gladine. Ko po kovinskih vodilih premikaš stojalo z detektorjem naprej in nazaj, se mora pika laserskega curka premikati samo navpično po detektorju, in ne pod nekim kotom. S finim uravnavanjem stranskega nagiba lesene deske s podnožnimi vijaki in premikanjem detektorja v navpični smeri dosežeš, da pade laserska pika naravnost na odprtino v sredini detektorja. Merilnik osvetljenosti tedaj pokaže največjo vrednost.

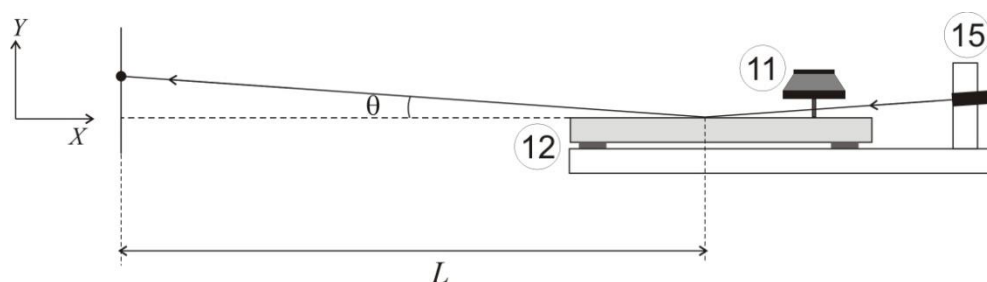
7. Ploščica vibratorja za vzbujanje valov je že nastavljena v pravilno navpično lego. **NE spreminjaj** njene višine s črnim gumbom [14] (slika 17).

8. Vibrator lahko premikaš naprej in nazaj vzdolž vodoravnega nosilca. Lego vibratorja na nosilcu označuje navpična črta [10].

9. Med meritvijo naj bo stena šotora spuščena, da vodno gladino zaščiti pred zračnimi tokovi.

Eksperiment

Del C: Merjenje kota θ med odbitim laserskim curkom in vodno gladino



Slika 18: Merjenje kota θ .

Naloga	Opis	Točke
C1	V primernih korakih premikaj nosilec z detektorjem svetlobe vzdolž vodil. V tabelo C1 zapisuj lego detektorja (X) in ustrezno lego laserske pike (Y). (Izberi primerno območje občutljivosti detektorja svetlobe.)	1.0
C2	Nariši graf (označi ga kot Graph C1) in iz njegove strmine določi kot θ v stopinjah.	0.6

Del D: Določanje koeficienta površinske napetosti vode σ

Iz teoretične obravnave interference lahko pokažemo, da velja

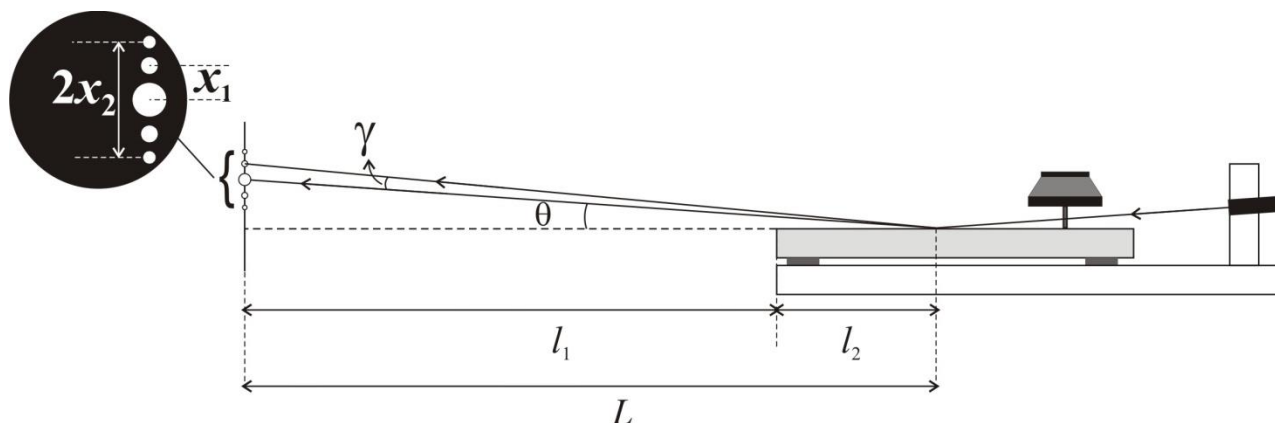
$$k = \frac{2\pi}{\lambda_L} \sin\theta \sin\gamma, \tag{1}$$

kjer je $k = 2\pi/\lambda_w$ valovni vektor površinskih valov, λ_w in λ_L pa sta po vrsti valovni dolžini površinskih valov in laserske svetlobe. Kot γ je kot med smerjo centralne ojačitve in smerjo ojačitve prvega reda (slika 19).

Frekvenco valov (f) in valovni vektor k povezuje zveza

$$\omega = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} k^q, \tag{2}$$

kjer je $\omega = 2\pi f$, ρ je gostota vode in q je celo število.



Slika 19: Shema merilne postavitve.

1. Pritrdi detektor svetlobe [2] (uporabi gumb na stojalu) v lego, ki jo kaže slika 1. Na merilniku osvetljenosti izberi primerno merilno območje.

Naloga	Opis	Točke
D1	Izmeri razdaljo l_1 med odprtino na detektorju svetlobe in zunanjim robom pladnja z vodo. Vidiš lahko črto, kjer laserski curek zadene vodno gladino. Laserski curek zadene vodo na sredini te črte. Izmeri razdaljo med sredino črte in robom pladnja l_2 . Določi L . Zapiši to razdaljo na list za odgovore.	0.3

2. Namesti vibrator tako, da je oznaka za njegovo lego pri zaznamku 7.0 cm na merilu na vodoravnem nosilcu vibratorja [10].
3. Nastavi frekvenco sinusnega signala na 60 Hz in nastavi njegovo amplitudo tako, da v interferenčni sliki razločno vidiš ojačitve prvega in drugega reda (slika 19, mala slika s povečavo).

Naloga	Opis	Točke
D2	Izmeri razdaljo med ojačitvijo drugega reda nad in ojačitvijo drugega reda pod centralno ojačitvijo. Izračunaj x_1 . Zabeleži svoje meritve in rezultate v tabelo D1. Korakoma spreminjaj frekvenco in ponavljaj meritve.	2.8
D3	Izberi primerni spremenljivki za graf, da boš lahko iz njegove strmine določil vrednost parametra q . Vpiši vrednosti teh spremenljivk v tabelo D2. Nariši graf in iz njega poišči q (graf označi z Graph D1). Zapiši enačbo 2 z ustrezno celoštevilčno vrednostjo parametra q .	0.9
D4	Iz enačbe 2 izberi ustrezni spremenljivki, da boš iz strmine grafa, ki kaže povezavo med tema spremenljivkama lahko določil koeficient σ . Vpiši vrednosti teh spremenljivk v tabelo D3. Nariši graf in iz njega določi σ (graf označi z Graph D2). ($\rho=1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$).	1.2

Del E: Določanje absorpcijskega koeficienta δ in viskoznosti vode η

Viskoznost vode duši površinske valove na njeni gladini. Amplituda valov h pojema eksponentno z oddaljenostjo s od mesta vzbujanja,

$$h = h_0 e^{-\delta s}, \quad (3)$$

kjer je h_0 amplituda na mestu vzbujanja in je δ absorpcijski koeficient.

Amplituda h_0 je povezana z napetostjo, na katero je priključen vibrator (V_{rms}), kot pove zveza

$$h_0 \propto (V_{\text{rms}})^{0.4} \quad (4)$$

Absorpcijski koeficient je povezan z viskoznostjo kapljevine, kot pove zveza

$$\delta = \frac{8 \pi \eta f}{3 \sigma}, \quad (5)$$

kjer je η koeficient viskoznosti kapljevine.

- Vibrator namesti tako, da bo oznaka njegove lege pri 8.0 cm.
- Nastavi frekvenco na 100 Hz.
- S pomočjo kljunastega merila namesti detektor svetlobe v tako lego, da pade v njegovo odprtino interferenčna ojačitev prvega reda.
- Prilagodi amplitudo sinusnega signala (V_{rms}) tako, da merilnik osvetljenosti kaže vrednost 100 v območju A. Zapiši V_{rms} , ki ustreza tej vrednosti.
- Pomikaj vibrator stran od mesta, kamor vpada laserski curek v korakih po 0.5 cm in vsakič prilagodi V_{rms} , da kaže merilnik osvetljenosti vrednost 100. Zapiši ustrezne V_{rms} .

Naloga	Opis	Točke
E1	Zapiši svoje meritve za vsak korak posebej v tabelo E1.	1.9
E2	Nariši ustrezen graf (označi ga z Graph E1) in iz njegove strmine določi absorpcijski koeficient δ .	1.0
E3	Izračunaj viskoznost η vode.	0.3