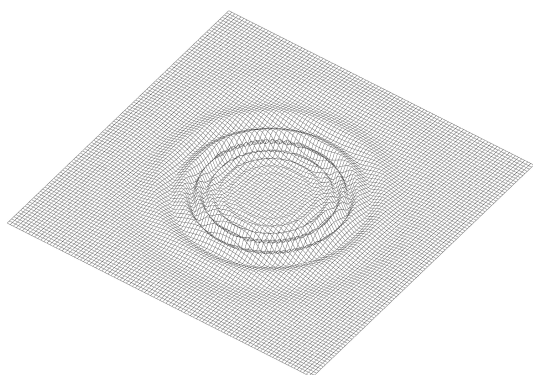


Vrzimo kamen v vodo



ANDREJ LIKAR

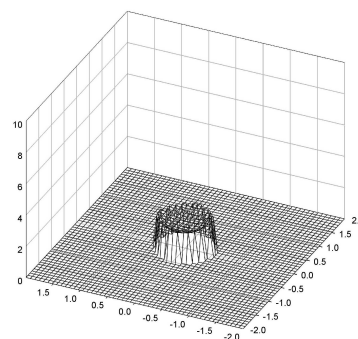
→ Na sprehodu v naravi pogosto naletimo na mirno gladino večje luže ali jezerc. Ne moremo si kaj, da gladine ne bi vzvalovali z metom kamna v vodo, če le ni v bližini kakega ribiča. Od pljuska se širijo koncentrični valovi daleč stran. Valovi so v svetlobi, ki se odbija od gladine, lepo vidni (glej sliko na naslovnici in sliko 1, kjer smo valovanje izračunali). Oglejmo si to širjenje podrobneje!



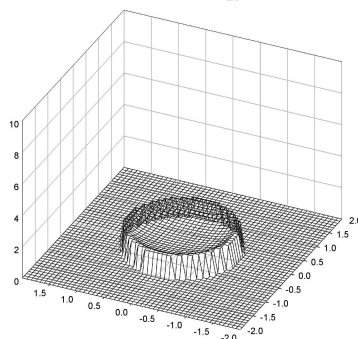
SLIKA 1.

Izračunano valovanje v idealiziranem primeru, ko z udarcem vzbudimo gladino.

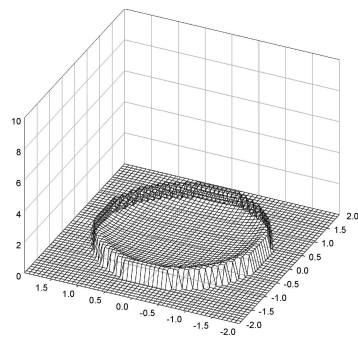
(a)



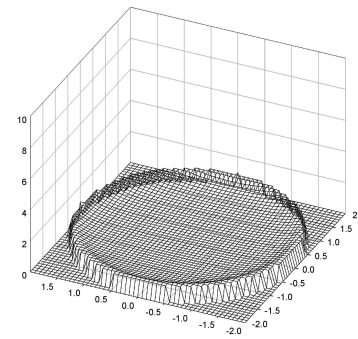
(b)



(c)



(d)



SLIKA 2.

Valovanje okrog pljuska, ki bi se širilo s hitrostjo c in bi veljalo $\lambda v = c$.





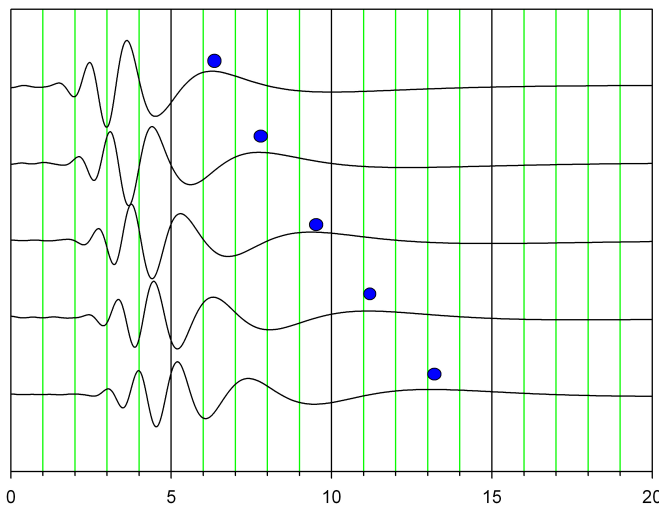
Na omenjeni sliki opazimo, da valovi nimajo enake valovne dolžine. Valovi dlje od pljuska so daljši, tisti blizu pa krajši. Tudi sicer ni težko opaziti, da so daljši valovi precej hitrejši od krajših, zato v danem času tudi pridejo dlje od pljuska. Vendar dolgi valovi hitro zamirajo in jih je daleč stran vedno težje slediti.

Ko obravnavamo valovanje, ne moremo mimo osnovne enačbe, ki povezuje valovno dolžino λ , frekvenco ν in hitrost širjenja valovanja:

$$\lambda \nu = c.$$

Če bi za valovanje na vodni gladini veljala ta enačba, bi se vsi valovi z različnimi valovnimi dolžinami širili z enako hitrostjo c . Valovanje okrog pljuska bi izgledalo nekako tako, kot prikazujejo slike 2a-d. Jasno bi videli valovno čelo, to je mejo, onkraj katere valovanja ne opazimo. Kot kažejo slike, je valovanje na vodni gladini precej drugačno. Hitrost valovanja c_λ z dano valovno dolžino λ je odvisna od valovne dolžine, torej moramo zapisati zgornjo enačbo takole:

$$\lambda \nu = c_\lambda.$$



SLIKA 3.

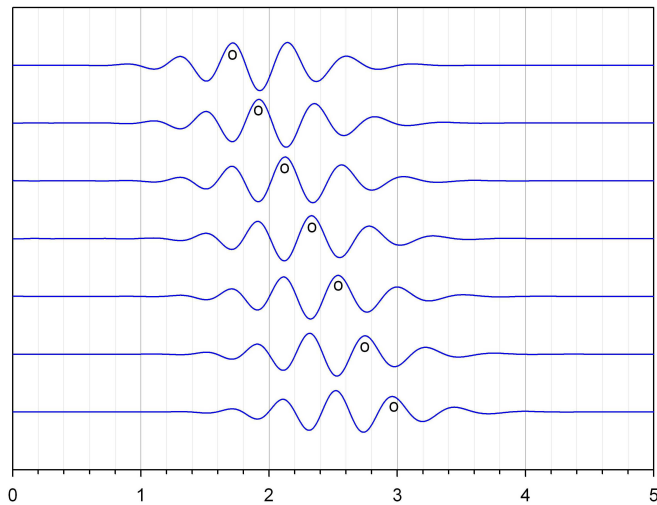
Valovanje na gladini globoke vode v dani smeri. Vrh, označen z modro piko, se hitro izgublja.

V vodi, ki je v primeri z valovno dolžino λ globoka, je hitrost valov c_λ podana kot

$$c_\lambda = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}. \quad (1)$$

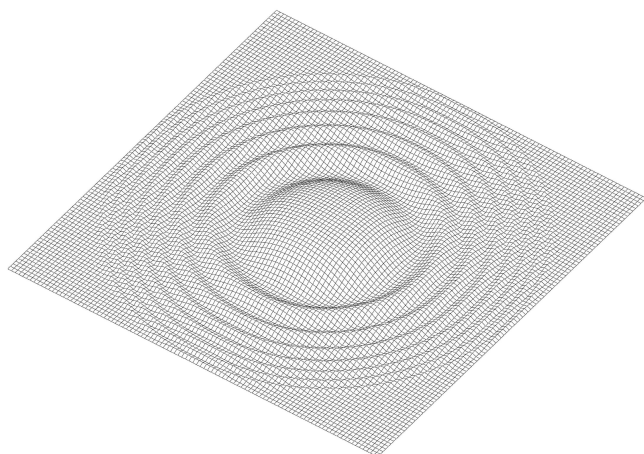
Tu je g pospešek prostega pada, ki je, kot vemo, približno 10 m s^{-2} . Daljši valovi so, kot pove zgornji izraz, hitrejši od krajših. Pravimo, da kaže valovanje na vodni gladini izrazito *dispertzijo*.

Valovanje z disperzijo se širi na prav poseben način. Ker posamezni valovi z danimi valovnimi dolžinami medsebojno interferirajo, se amplituda izbranega vrha, ki mu sledimo z očmi, zelo hitro manjša, precej hitreje kot bi to pričakovali pri krožnem valu brez disperzije (glej sliko 2). To nazorno vidimo na sliki 3, kjer sledimo vrhu, označenim z modro piko. Priznati moramo, da se energija valovanja giblje počasneje kot sam vrh vala. Razmere so nekoliko jasnejše, ko interferirajo le valovi z valovnimi dolžinami, ki so si blizu skupaj. Na sliki 4 smo izračunali tak primer, kjer se nazorno vidi, da se valovna gruča giblje s polovično hitrostjo izbranega vrha. To je značilno za zvezo (1).



SLIKA 4.

Valovna gruča, sestavljena iz valov z ne zelo različno valovno dolžino. Lepo vidimo, da se izbrani vrh (ali dolina) giblje dvakrat hitreje kot gruča sama.



Drobni valovi, ki jih vzbudijo na gladino padajoče kapljice, se širijo drugače kot smo privzeli zgoraj. Te žene površinska napetost gladine in skoraj nič teža. Hitrost valov c_λ je tu takole povezana z valovno dolžino:

$$c_\lambda = \sqrt{\frac{2\pi\gamma}{\rho\lambda}}$$

Z γ smo označili površinsko napetost vode, ki je pri sobni temperaturi 73 mN/m^2 , z ρ pa njeno gostoto. Za valove z valovno dolžino okrog milimetra je hitrost $0,7 \text{ m s}^{-1}$. Iz izraza razberemo, da tu drobnejši valovi prehitijo daljše. To se lepo vidi na sliki 5, kjer smo valovno polje izračunali. Slika 6 pa je fotografija valovanja kapljice, ki je zadela mirno vodno gladino. Tudi tu so drobni kapilarni valovi dlje od središča kot daljši. Pozornemu opazovalcu, ki sam vzbudi tako valovanje na gladini, ne bo ušlo, da valovna gruča v tem primeru prehitveva valove, ki jo tvorijo.

SLIKA 5.

Izračunani kapilarni valovi, ki jih vzbudi kapljica, ki pade na vodno gladino. Tu so drobni valovi hitrejši od daljših.



SLIKA 6.

Fotografija valovanja kapljice, ki pade na mirno vodno gladino. (Foto Marko in Nada Razpet)

× × ×