

## VARIJANTA EKSPERIMENTA O KIVETI S TEKUĆINOM U SLOBODNOM GIBANJU NA KOSOJ RAVNINI

MARIN KATALINIĆ

Ako kivetu s tekućinom pustimo da pada niz kosu ravninu bez trenja, površina tekućine je za vrijeme gibanja paralelna s kosom ravninom. Isto tako, ako tu kivetu bacimo uz kosu ravninu, ona se giba jednoliko usporeno, a površina tekućine opet je paralelna s kosom ravninom. Ovo drugo izvođenje je interesantnije, jer u prelazu od uspona na padanje ne opažamo ni najmanje promjene u položaju površine tekućine.

Ovaj eksperimentat pripada među teže izvodljive, jer je potrebno imati kosu ravninu dugu 3 do 4 metra, nagnutu za kojih  $20^\circ$ , s dosta dugim horizontalnim nastavkom. Ovakve su dimenzije potrebne, da bi trajanje gibanja bilo dovoljno za opažanje, s druge strane, da bi kosi položaj površine tekućine bio bolje uočljiv. — Da bi se brže umirilo početno talasanje površine, uzima se jedna jako viskozna tekućina, n. pr. smjesa vode i glicerina u zgodnoj koncentraciji.

Rezultati ovog eksperimenta i u silaženju i u usponu tumače se inercijalnom silom u dinamičkoj ravnoteži. Elementu mase  $m$  tekućine odgovara težina  $mg$ , a komponenta paralelna s kosom ravninom

$$P = mg \cdot \sin \alpha$$

je motorna sila, koja i u silaženju i u gibanju uz kosu ravninu proizvodi akceleraciju  $g \cdot \sin \alpha$ , uperenu niz kosu ravninu. S komponentom  $P$  je u dinamičkoj ravnoteži inercijalna sila

$$U = -mg \cdot \sin \alpha$$

koja je uvijek uperena uz kosu ravninu. Na taj način preostaje dinamički neljudna komponenta

$$Q = mg \cdot \cos \alpha$$

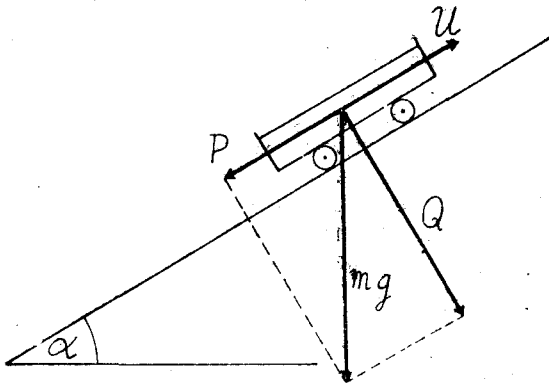
koja je usmjerena normalno na kosu ravninu, pa se površina tekućine namješta normalno na silu  $Q$  (sl. 1).

Tako stoji stvar, dok smijemo zanemariti trenje. Da bi trenje bilo što manje, kiveta se giba na kotačićima s kugličnim ležajevima. Ako se trenje ne može zanemariti, akceleracija uparena niz kosu ravninu iznositi će samo  $a \cdot \sin \alpha$ , gdje je  $a < g$ , pa će prema tome i inercijalna sila biti samo

$$U' = -ma \cdot \sin \alpha$$

Dinamički neizjednačeni ostatak komponente  $P$ , koji iznosi

$$P' = m(g - a) \cdot \sin \alpha$$



Sl. 1

daje sa  $Q$  rezultantu, koja je s tim bliža pravcu težine  $mg$ , što je trenje veće, pa se površina namješta normalno na tu rezultantu, t. j. ona zatvara s horizontalom neki kut  $\alpha' < \alpha$ .

Nema sumnje, da su rezultati ovog eksperimenta i po sebi vrlo interesantni; a njim se jednostavno objašnjava i niz elementarnih prirodnih pojava iz dnevnog iskustva<sup>1)</sup>.

Ipak se taj eksperiment rijetko izvodi čak i u univerzitetskim predavanjima fizike. Bez sumnje, tome su razlog velike eksperimentalne poteškoće.

Daleko jednostavniji, a i evidentniji je ovaj eksperiment u slijedećoj varijanti. Promjena stoji u tome, da kosu ravninu nadomještamo kružnom putanjom njihala. U literaturi ne nalazim spomenutu tu varijantu; zato je ovdje opisujem.

Staklena kiveta čvrsto je usađena u drvenom okviru, a ovaj je jakim koncem dvostruko bifilarno obješen o kvakama na stropu sobe. Na taj način kiveta visi o njihalu dužine oko 3 metra; trajanje njihaja (okruglo: 1,7 sec) dovoljno je dugo, da bi se mogle slijediti sve pojedinosti. Amplituda njihanja oko 30° također je dovoljna. Tekućina u kiveti može biti malo obo-

<sup>1)</sup> N. pr. prvim dijelom eksperimenta, gibanjem niz kosu ravninu, objašnjava se kosi srednji položaj površine vode u gorskom potoku na strmini. Drugom dijelu odgovara kosi položaj površine vode, koju val baca uz položitu pjeskovitu obalu.

jena voda, jer se početno talasanje nakon puštanja njihala poslije 2 do 3 dvostruka njihaja posve umiri<sup>2)</sup>). Trajektoriju kivete možemo posmatrati kao niz kosih ravnina s postojano promjenljivim nagibima; površina tekućine u svakoj tački putanje paralelna je s pripadnom tangentom. Površina tekućine je za vrijeme gibanja — kad se umiri početno talasanje — tako nepomična, da se čini, kao da bi bila zamrznuta.

Pokušaj, da bi se rezultat ove varijante pripisao centrifugalnoj sili — analogno poznatom elementarnom eksperimentu o vrtnji čaše s vodom rukom oko glave — ne bi bio na mjestu. U položajima amplitude njihanja brzina je nula, pa je i centrifugalna sila nula. A ipak ni u tim tačkama nema ni najmanjih kolebanja u položaju površine tekućine.

*Skopje, Fizički institut*

## A VARIANT OF THE EXPERIMENT OF A GLASS VESSEL CONTAINING A LIQUID IN FREE MOTION ON AN INCLINED PLANE

By MARIN KATALINIĆ

A simple variant of the well-known experiment of a glass vessel containing a viscous liquid and descending an inclined plane with negligible friction, or ascending it, is described. A rectangular glass vessel, containing coloured water, is fastened in a wooden frame suspended from the ceiling by a double bifilar suspension as a pendulum. During the motion the water surface stands in any point parallel to the momentary tangent of the trajectory. As is well known, the experiment is explained by the dynamic balance of the motive with the inertial force. The fact, that in the present variant the parallelism persists unchanged in the amplitude points, proves that it is not due to the centrifugal force.

*Skopje, The Institute of Physics*

<sup>2)</sup> Dobro je i u ovom slučaju dodati vodi nešto glicerina.