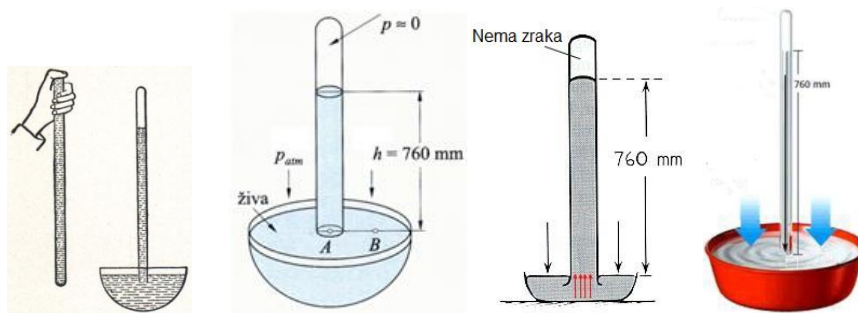


# Torricelli i 3. Zakon

Hrvoje Mesić

Već me dugi niz godina zanimaju likovni prikazi i ilustracije pojmova, uređaja, pokusa i pojava u udžbenicima. U mnogo slučajeva svjedočimo da su ilustracije u suprotnosti sa zakonima fizike. Na primjer, jedne godine izdan je udžbenik za osnovnu školu s neispravnom ilustracijom koja prikazuje termometar uronjen u čašu vode s kockama leda, ali nažalost autor i recenzenti previdjeli su da je ilustrator nacrtao kocke leda na dnu čaše! I učenici su uočili da to nije u skladu sa zakonima fizike i s njihovim iskustvom. Udžbenik je povučen.

Sada ćemo se baviti pogrešnom (nepotpunom) ilustracijom čuvenog Torricelijevog pokusa koja prevladava u stotinama udžbenika i nitko ne primjećuje da nešto nedostaje. Sigurno ste vidjeli ovakve ilustracije:



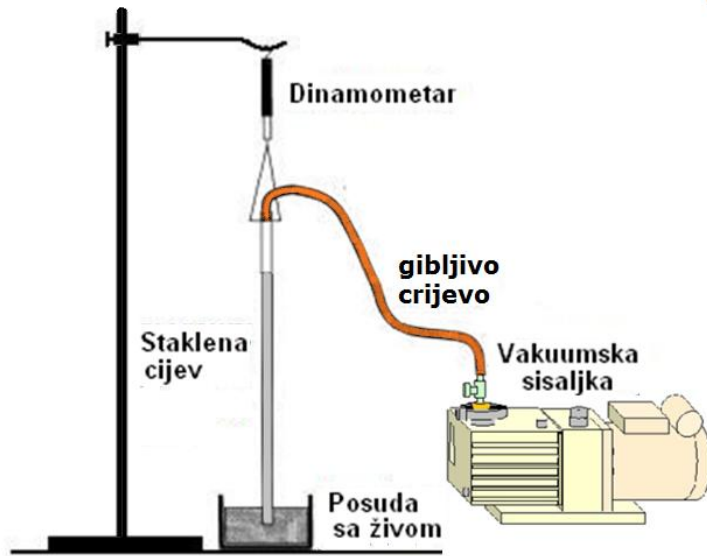
Što tu nije u redu? Cijev ispunjena živom levitira???! Kako to da ju ništa ne podupire?  
Je li to moguće?

Napravimo pokus:



Ovaj jednostavni pokus prikazan je s umetnutom fotografijom na kojoj je digitalno uklonjen dinamometar. Ta fizikalno nemoguća situacija odmah pobuđuje sumnju, ali kod ilustracije Torricelijeva pokusa nikoga ništa ne smeta.

Stoga sam izveo sljedeću demonstraciju. Na staklenu cijev otvorenu s oba kraja, spojio sam na gornji kraj gibljivo gumeno crijevo, a donji kraj uronio u živu. Cijeli sklop objesio sam na dinamometar. Drugi kraj crijeva spojio sam na vakuumsku sisaljku kao što se vidi na crtežu.



Po uključivanju sisaljke, živa se počela dizati u cijevi sve dok se nije zaustavila na visini od 76 cm. Cijelo to vrijeme dinamometar je pokazivao sve veću i veću težinu uspinjućeg stupca žive. E sad, uobičajeno objašnjenje u udžbenicima kaže da *stupac žive podržava atmosferski tlak zraka koji djeluje na površinu žive u posudi*.

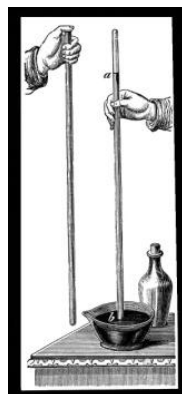
Ali mi vidimo da *stupac žive zajedno sa staklenom cijevi visi na dinamometru*. Pitanje je, trebamo li reći da stupac žive visi na dinamometru ili ga na toj visini drži atmosferski tlak? Ili su obje tvrdnje ispravne?

Očito je da je Torricelli nakon uranjanja u živu maknuo prst sa otvora cijevi ali NIJE pustio cijevi iz ruke kojom ju je držao, jer cijev ne može levitirati, kao što je prikazano u većini cijenjenih udžbenika.

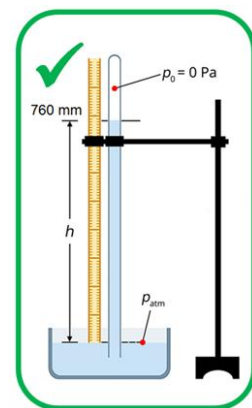
Ispravna ilustracija trebala bi izgledati otprilike ovako:



ili ovako



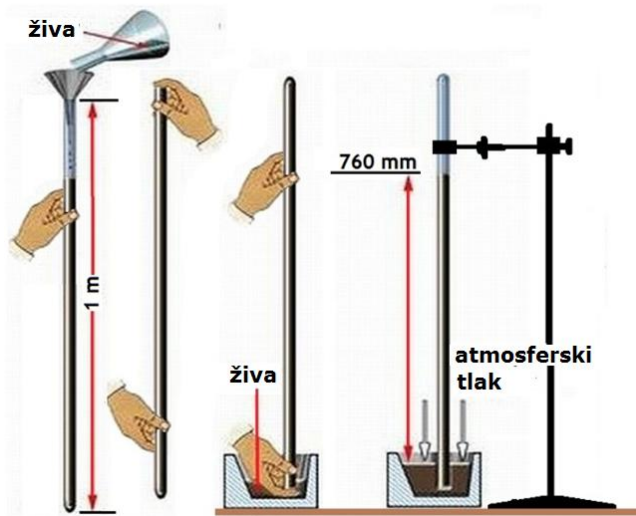
odnosno ovako



Pretpostavimo da zaista ispustimo iz ruke Torricellijevu cijev zajedno sa stupcem žive u neku duboku posudu sa živom. Cijev će odmah tonuti sve dok se uzgon ne izjednači s težinom staklene cijevi. Treba dakle uzeti u obzir 3. Newtonov zakon. Nemoguće je da cijev

stoji samostalno lebdeći u zraku. Dopuštam, da to ilustratori razumiju, i da samo nastoje pojednostavniti ilustraciju isticanjem bitnog, ali se to ne smije činiti na uštrb 3. Zakona.

Dodavanje stalka koji drži cijev neće umanjiti razumljivost ilustracije:



A što ćemo na kraju reći o ulozi atmosferskog tlaka?

Jasno je da atmosferski tlak djeluje na visinu stupca i da bi se bez tog tlaka živa u cijevi potpuno spustila. Zato nam taj stupac i služi kao barometar. No atmosferski tlak je samo "čep". I mi možemo zamisliti, ili izvesti, da uklonimo posudu sa živom i atmosferski tlak i umjesto njih nečim zatvorimo otvor staklene cijevi. Visina stupca žive pri tome se neće promijeniti, ali mi cijev (sa živom u njoj) i dalje moramo držati rukom ili nekom stezaljkom na stalku.

I da zaključimo. Na pitanje, trebamo li reći da stupac žive visi na dinamometru ili ga drži atmosferski tlak? Odgovor je: I jedno i drugo. Obje su tvrdnje ispravne i fizikalno opravdane, zato na ilustracijama ne treba izostavljati silu i protusilu.