

Gimnazija A. G. Matoša, Đakovo

Nepotopivi disk

Mirta Čota

Mentor: Mirta Lulić

Sadržaj

1. LISTA OZNAKA	2
2.UVOD.....	3
3. EKSPERIMENTALNI DIO	3
3.1 APARATURA	3
3.2 MJERENJA	3
3.3 OPIS POKUSA.....	3
4. TEORIJA.....	4
4.1 POJMOVI.....	4
4.2 OBJAŠNjenje TEORIJE.....	6
5. REZULTATI.....	7
5.1 GIBANJE DISKA BEZ DJELOVANJA MLAZA VODE NA NJEGA	7
5.2 PODATCI O DISKU.....	8
5.2.1 Osnovni podatci dobiveni mjerenjem	8
5.2.2 Gustoća diska	8
5.3 DJELOVANJE MLAZA VODE NA DISK	9
5.3.1 Protok mlaza vode kod srednjeg mlaza	9
5.3.2 Brzina srednjeg mlaza vode	9
5.3.3 Visina hidrauličkog skoka kod srednjeg protoka mlaza vode.....	10
5.4 UTJECAJ POVEĆANJA MLAZA VODE KOJI DJELUJE NA DISK.....	11
5.4.1 Protok vode kod bržeg mlaza vode.....	11
5.4.2 Brzina bržeg mlaza vode	11
5.4.3 Visina hidrauličkog skoka kod bržeg protoka mlaza vode	11
5.5 PONOVLJIVOST MJERENJA	11
6. ZAKLJUČAK	11
7. ZAKLJUČAK	12
8. LITERATURA.....	12

1. Lista oznaka

<i>znak</i>	<i>mjerna jedinica</i>	<i>objašnjenje/značenje</i>
<i>p</i>	<i>Pa</i>	<i>tlak</i>
<i>F</i>	<i>N</i>	<i>sila</i>
<i>A</i>	<i>m²</i>	<i>ploština</i>
<i>m</i>	<i>kg</i>	<i>masa</i>
<i>g</i>	<i>m/s²</i>	<i>ubrzanje zemljine sile teže (9.81 m/s²)</i>
<i>V</i>	<i>cm³</i>	<i>volumen</i>
<i>l</i>	<i>cm</i>	<i>duljina</i>
<i>w</i>	<i>cm</i>	<i>širina</i>
<i>h</i>	<i>cm</i>	<i>visina</i>
<i>ρ</i>	<i>g/cm³</i>	<i>gustoća</i>
<i>v</i>	<i>m/s²</i>	<i>brzina</i>
<i>ρ_d</i>	<i>g/cm³</i>	<i>gustoća metalnog diska</i>
<i>ρ_v</i>	<i>g/cm³</i>	<i>gustoća vode</i>
<i>V_{ur}</i>	<i>cm³</i>	<i>volumen uronjenog tijela</i>
<i>F_u</i>	<i>N</i>	<i>sila uzgona</i>
<i>h_s</i>	<i>cm</i>	<i>visina hidrauličkog skoka</i>
<i>p_d</i>	<i>Pa</i>	<i>dinamički tlak</i>
<i>t</i>	<i>s</i>	<i>vrijeme</i>
<i>V_d</i>	<i>cm³</i>	<i>volumen diska</i>
<i>V_v</i>	<i>cm³</i>	<i>volumen cijelog diska bez otvora</i>
<i>V_m</i>	<i>cm³</i>	<i>volumen otvora u sredini diska</i>
<i>m_d</i>	<i>g</i>	<i>masa diska</i>
<i>h_d</i>	<i>mm</i>	<i>visina diska</i>
<i>S</i>	<i>cm²</i>	<i>ploština kruga diska</i>
<i>R</i>	<i>cm</i>	<i>radijus diska</i>
<i>r</i>	<i>cm</i>	<i>radijus otvora diska</i>
<i>q</i>	<i>m³/s</i>	<i>volumni protok</i>
<i>F_g</i>	<i>N</i>	<i>sila teža</i>
<i>F₀</i>	<i>N</i>	<i>sila zbog atmosferskog tlaka</i>
<i>F_N</i>	<i>N</i>	<i>sila mlaza vode</i>
<i>F_H</i>	<i>N</i>	<i>sila zbog hidrostatskog tlaka sila</i>
<i>v_{sm}</i>	<i>m/s</i>	<i>brzina srednjeg mlaza vode</i>
<i>v_{bm}</i>	<i>m/s</i>	<i>brzina bržeg mlaza vode</i>

2.Uvod

Kada metalni disk koji ima rupu u sredini pustimo na površinu vode on potone, ali kada u njega usmjerimo mlaz vode on ostane plutati. Očekivali smo da će potonuti, no zašto nije? Trebamo objasniti fenomen i istražiti njegove relevantne parametre.

3. Eksperimentalni dio

3.1 Aparatura

Nabavili smo metalni disk promjera 122 mm, debljine 0,5 mm, koji u središtu ima rupu promjera 12 mm. Masa diska je 28 g. Odabrali smo staklenu posudu kako bi se moglo vidjeti što se događa s diskom i kroz posudu. Koristili smo mlaz vode dobivenog iz slavine.

Od ostale aparature koristili smo kameru mobitela, olovku i papir za zapisivanje mjerjenja, vagu, kalkulator, pomičnu mjerku i tehničko ravnalo.

3.2 Mjerenja

U ovom pokusu postavila sam si ciljeve mjerjenja, a to su:

1. Kolika je sila mlaza vode djelovala na disk?
2. Kolika je gustoća, volumen i ploština diska?
3. Kolika je visina hidrauličkog skoka?
4. Utječe li sila mlaza vode na to koliko će visok biti hidraulički skok?

3.3 Opis pokusa

Pokus ima 3 dijela.

Prvi dio

U staklenu posudu napunjenu vodom, ispustili smo disk na površinu i uočili da je disk potonuo. Možemo zaključiti da je potonuo jer metalni disk ima veću gustoću od vode.

Drugi dio

U staklenoj posudi napunjenoj vodom, pridržavali smo disk rukama na površini vode, dok je kroz otvor u sredini diska bio usmjeren mlaz vode. Nakon toga smo ispustili disk. Disk je ostao na površini vode. Zbog sile mlaza vode koji je udarao po disku, disk je malo potonuo. Zatvorili smo vodu i disk je istog trenutka potonuo što je bilo očekivano.

Treći dio

Htjeli smo saznati utječe li sila mlaza vode na to hoće li disk potonuti, a ako ne potone, utječe li sila mlaza vode na kojoj će dubini biti. Isprobali smo i izmjerili.

Videi pokusa:

https://drive.google.com/drive/folders/1qGqSZYf_mcaVH1r0mTYpJX-Zw0ZYcTB?usp=sharing

4. Teorija

4.1 Pojmovi

Tlak je fizikalna veličina koja opisuje djelovanje sile okomito na površinu. Oznaka tlaka je p , a mjerna jedinica je paskal. Jednak je količniku okomite sile F na površinu plohe A :

$$p = \frac{F}{A}$$

Dinamički tlak je tlak fluida koji je jednak kinetičkoj energiji volumena. Nastaje zbog gibanja fluida. Formula za dinamički tlak je: $p_d = \frac{\rho}{2} v^2$

Statički tlak je tlak koji je jednak sili kojom fluid pritišće površinu nekog tijela.

Atmosferski tlak je tlak koji djeluje u svakom području Zemljine atmosfere. On nastaje zbog težine zraka, a povećanjem nadmorske visine on se smanjuje zbog gustoće zraka. Pri razini mora on iznosi 101 325 Pa. Atmosferski je tlak po svojoj naravi hidrostatski.

Hidrostatski tlak je tlak koji nastaje zbog težine tekućine. Proporcionalan je gustoći tekućine i dubini na kojoj se neko tijelo nalazi.

$$p = \frac{F}{A} \quad \text{je osnovna formula za tlak.}$$

$$\text{Možemo izraziti kao } m \cdot g \text{ i dobili bi } p = \frac{mg}{A}.$$

Zatim m možemo izraziti kao $m=\rho \cdot V$. V izrazimo kao umnožak duljine(l), širine(w) i visine(h) te ga uvrstimo u formulu. A je jednak umnošku duljine(l) i širine(w) i isto ga uvrstimo u formulu:

$$p = \frac{\rho \cdot l \cdot w \cdot h \cdot g}{l \cdot w} . \quad \text{Kao što vidimo, možemo pokratiti } l \text{ i } w \text{ u brojniku i nazivniku te dobivamo formulu za hidrostatski tlak: } p = \rho \cdot g \cdot h$$

Gustoča je fizička veličina karakteristična za svaku tvar. Količnik je mase i volumena određene tvari. Formula je : $\rho = \frac{m}{V}$

Arhimedova sila uzgona je sila koja djeluje na tijelo uronjeno u vodu i ta sila je protusila sili gravitacije. Što je veći volumen uronjenog tijela u vodu, sila uzgona je veća. Dakle na uronjeno tijelo prema dolje djeluje sila teža mg , a prema gore sila uzgona F_u . Formula glasi : $F_u = \rho \cdot g \cdot V_{ur}$

Arhimedov zakon glasi : kada neko tijelo uronimo u tekućinu, njegova težina jednaka je težini istisnute tekućine. Zaključujemo da je sila uzgona jednaka težini istisnutog fluida.

Volumni protok fizikalna veličina je kojom opisujemo koliko je količine vode proteklo kroz neki poprečni presjek u vremenskom intervalu. Tako dobivamo formulu: $q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$

Hidraulički skok pojava je kada se tekućina velikom brzinom ispušta u zonu manje brzine. Tada na tome prijelazu, na površini tekućine, nastaje nagli porast to jest hidraulički skok.

4.2 Objasnjenje teorije

Ovaj pokus spada u granu fizike koja proučava fluide. U ovom pokusu sve se zasniva na Bernoullievom zakonu, ali bitna je i Arhimedova sila uzgona.

Bernoulliev zakon je osnovni zakon strujanja fluida. Zakon je objasnio matematičar i fizičar Daniel Bernoulli. Ovaj zakon bitan je za razumijevanje protoka vode i njenog strujanja. Također je često primjenjiv u inženjerstvu. Možemo razumjeti puno problema fluida te ih objasniti ovim zakonom.

Ovim zakonom objašnjavamo i let aviona. Zrak koji prolazi iznad gornjeg dijela aviona je brži, dok je protok zraka ispod aviona sporiji. Prema Bernoullievom zakonu tlak iznad aviona je manji, a ispod aviona tlak je veći. Zbog te razlike u tlakovima, pilot u avionu brzinom generira kako će letjeti.

Zakon objašnjava druge stvari i pojave bez kojih bi današnji svijet bio nezamisliv. Prikazuje odnos brzine, gustoće i tlaka fluida u kretanju.

Bernoulliev zakon sažeto možemo objasniti ovako: gdje je brzina kretanja manja, tlak tekućine koja teče u nekom poprečnom presjeku je veći. Također i obratno - gdje je brzina veća, tlak je manji.

Formula glasi:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = \text{konstanta}$$

p – predstavlja statički tlak, to jest tlak određenog fluida u ovom slučaju vode

$\frac{\rho v^2}{2}$ - predstavlja dinamički tlak

ρgh - predstavlja formulu hidrostatskog tlaka

konstanta – duž strujne linije suma ovih tlakova je konstantna

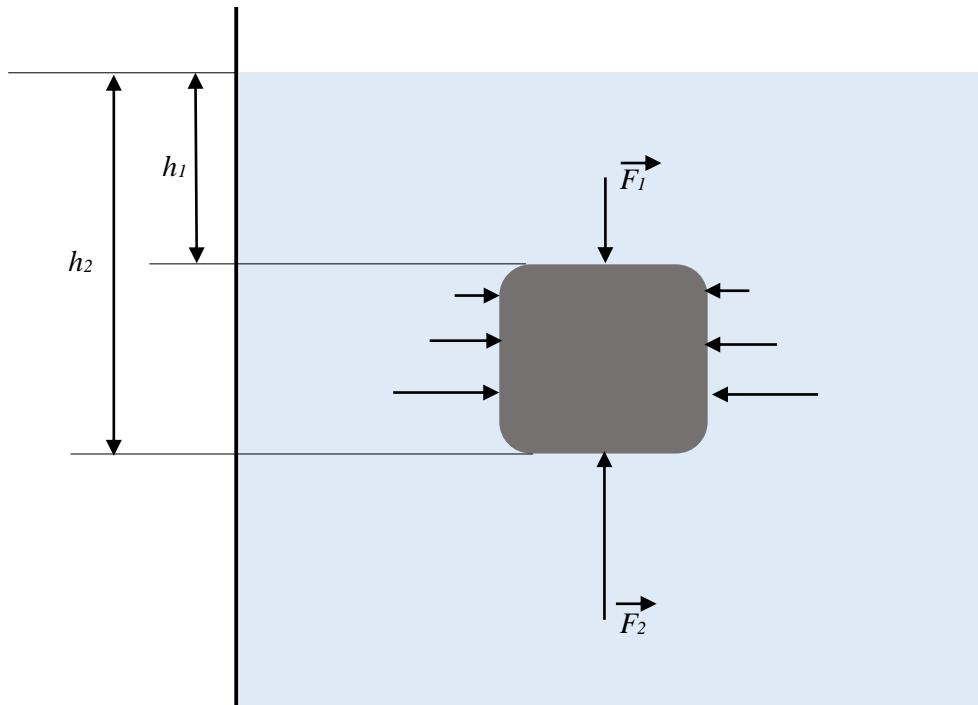
Iz ove formule možemo vidjeti da je suma tlaka, kinetičke i potencijalne energije po jedinici volumena jednaka konstanti.

U drugom dijelu pokusa imali smo pitanje što će se dogoditi disku ako povećamo silu mlaza vode. Hoće li zbog jačeg djelovanje sile mlaza vode disk potonuti?

Kada smo povećali silu mlaza vode, uočili smo da je disk tada bio čak i čvršće prikovan za površinu vode i nije potonuo.

Zaključili smo da je to zbog Arhimedove sile uzgona. Znamo da je hidrostatski tlak na većoj dubini veći što znači da je rezultantna sila veća. Kada smo disk

uronili u vodu i jačim mlazom vode ga više uronili u vodu, rezultantna sila se povećala i sila uzgona je bila veća. Zato je disk čvršće stajao na površini vode i nije potonuo.

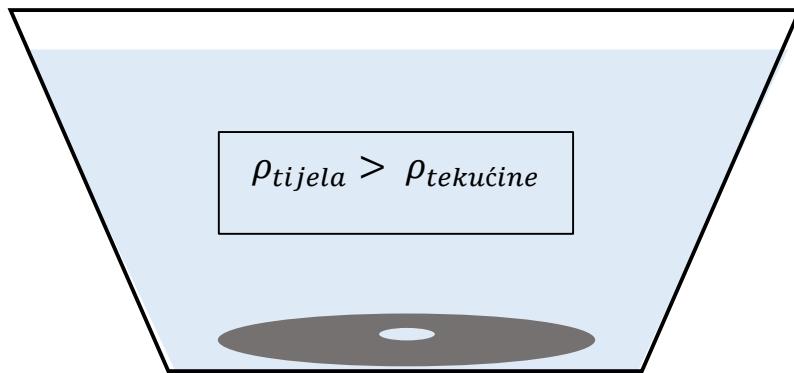


Slika 1.: djelovanje
Arhimedove sile uzgona na
neko tijelo

5. Rezultati

5.1 Gibanje diska bez djelovanja mlaza vode na njega

Prvi dio pokusa bio je taj da disk pustimo na površinu vode bez djelovanja sile mlaza vode na njega. Kada smo stavili disk, on je gotovo odmah potonuo na dno posude. To dokazuje da je gustoća metalnog diska veća od gustoće vode i zato je disk potonuo.



Slika 2. : prikaz gibanja diska u vodi bez djelovanja mlaza vode na njega

5.2 Podatci o disku

5.2.1 Osnovni podatci dobiveni mjeranjem

Vaganjem smo dobila masu m , ravnalom izmjerili polumjer r , a pomičnom mjerkom debljinu diska h .

$$h_d = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$$

$$m = 28 \text{ g}$$

$$2R = 12,2 \text{ cm}$$

$$R = 6,1 \text{ cm}$$

$$2r = 1 \text{ cm}$$

$$r = 0,5 \text{ cm}$$

5.2.2 Gustoća diska

Gustoću diska računamo pomoću formule: $\rho_d = \frac{m_d}{V_d}$

Volumen diska računamo kao volumen valjka:

$$V_d = S \cdot h_d = r^2 \pi \cdot h_d$$

Volumen diska dobit ćemo oduzimanjem volumena cijelog diska i volumena otvora u sredini diska :

$$V_d = V_v - V_m$$

$$V_d = R^2 \pi \cdot h - r^2 \pi \cdot h = (R^2 - r^2) \cdot \pi \cdot h$$

Kada uvrstimo podatke za masu i volumen u formulu $\rho_d = \frac{m_d}{V_d}$

dobit ćemo gustoću materijala od kojeg je disk napravljen:

$$\rho_d = \frac{28g}{(6,1^2 - 0,5^2) \cdot \pi \cdot 0,05} = 4,8 \text{ g/cm}^3$$

Možemo zaključiti da ovaj disk nije od čistog aluminija niti od čistog željeza, već je legura s gustoćom 4,8 g/cm³.

5.3 Djelovanje mlaza vode na disk

5.3.1 Protok mlaza vode kod srednjeg mlaza

$$F_m \cdot \Delta t = \Delta m \cdot v_{sm} / : \Delta t$$

$$F_m = \frac{\Delta m \cdot v}{\Delta t} = \frac{\rho_v \cdot \Delta V \cdot v_{sm}}{\Delta t}$$

Količnik ΔV i Δt formula je volumnog protoka pa zapisujemo:

$$F_m = \rho_v \cdot q \cdot v_{sm}$$

$$q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{S \cdot h}{\Delta t} = S \cdot v_{sm}$$

Volumni protok srednjeg mlaza vode odredili smo mijereći vrijeme potrebno da se napuni 1l vode.

$$q = \frac{1 \text{ dm}^3}{13 \text{ s}} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{13 \text{ s}} = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

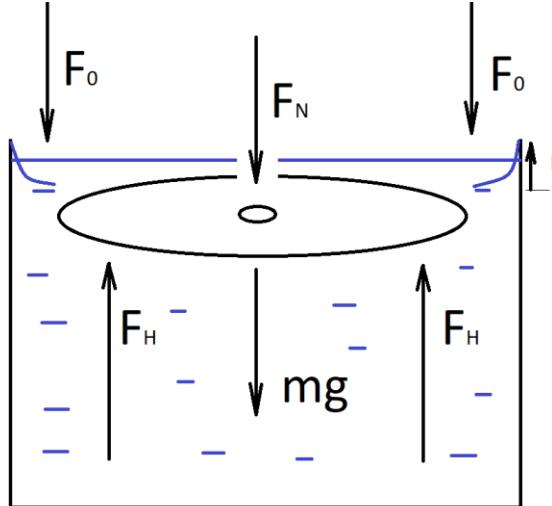
5.3.2 Brzina srednjeg mlaza vode

Brzinu možemo izvesti iz formule $q = S \cdot v_{sm}$:

$$v_{sm} = \frac{q}{S} = \frac{\frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{13 \text{ s}}}{(0,5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot \pi}$$

$$v_{sm} = 0.98 \text{ m/s}$$

5.3.3 Visina hidrauličkog skoka kod srednjeg protoka mlaza vode



Slika 3. : sve sile koje djeluju na disk dok mlaz vode udara u otvor diska

Disk se nalazi u ravnoteži i zbog toga zbroj sila na njega mora biti 0.

$$F_g + F_O + F_N = F$$

$$mg + \cancel{F_O} + \rho \cdot q \cdot v = \cancel{F_O} + F_H$$

Pokratimo F_O s jedne i druge strane i imamo:

$$mg + \rho \cdot q \cdot v_m = \rho g h / : \rho g$$

Uvrstimo podatke u dobivenu formulu i dobijemo redom:

$$h_s = \frac{mg + \rho q v}{\rho \cdot g \cdot R^2 \cdot \pi} = \frac{28 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 + 1000 \cdot 7,7 \cdot 10^{-5} \cdot 0,98}{1000 \cdot 9,81 \cdot (6,1 \cdot 10^{-2})^2 \pi} = 3,05 \cdot 10^{-3} m$$

Visina hidrauličkog skoka u slučaju srednjeg protoka vode je: $h_s = 3,05 mm$

5.4 Utjecaj povećanja mlaza vode koji djeluje na disk

5.4.1 Protok vode kod bržeg mlaza vode

Ponovno smo izmjerili koliko je potrebno vrijeme da se napuni 1l vode kada smo pustili brži mlaz vode. Volumni protok bržeg mlaza je:

$$q = \frac{1 \text{ dm}^3}{9 \text{ s}} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{9 \text{ s}} = 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

5.4.2 Brzina bržeg mlaza vode

Izračunajmo brzinu protoka bržeg mlaza vode:

$$v_{bm} = \frac{q}{S} = \frac{\frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{9 \text{ s}}}{(0,5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot \pi} = 1,41 \text{ m/s}$$

5.4.3 Visina hidrauličkog skoka kod bržeg protoka mlaza vode

Uvrstimo podatke u formulu za visinu hidrauličkog skoka i dobijemo:

$$h_s = \frac{mg + \rho q v}{\rho \cdot g \cdot R^2 \cdot \pi} = \frac{28 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 + 1000 \cdot 1,11 \cdot 10^{-4} \cdot 1,41}{1000 \cdot 9,81 \cdot (6,1 \cdot 10^{-2})^2 \pi} = 3,76 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Visina hidrauličkog skoka u slučaju bržeg protoka vode je: $h = 3,76 \text{ mm}$

5.5 Ponovljivost mjerena

Pokus smo izvodili pri 2 uvjeta: djelovanjem srednjeg mlaza i djelovanjem bržeg mlaza vode. Pokus smo izvodili mnogo puta i rezultate mjerena zapisivali. Mjerenja se nisu značajno razlikovala te stoga zaključujemo da Bernoulliev zakon stvarno vrijedi i da je ovaj pokus ponovljiv.

6. Zaključak

Ovaj rad objašnjava Bernoulliev zakon. Nakon svih obavljenih mjerena, istraživanja, mijenjanja uvjeta, obrade podataka i ostalog možemo zaključiti da gibanje diska ovisi o jačini mlaza koji djeluje na njega. Razlike koje se pojavljuju su brzina, volumni protok i sila mlaza vode na disk, visina hidrauličkog skoka te tlaka i uzgona koji djeluju na disk. Kada mlaz vode djeluje jače na disk, on ima veći hidraulički skok što znači da je disk više potonuo. Također rezultantna sila uzgona ovisi o mlazu vode koji djeluje na disk. Rezultantna sila uzgona povećava se s jačim djelovanjem mlaza na disk, a smanji se kada je djelovanje mlaza slabije. Bernoulliev zakon je jako važan i

smatram da je ovaj pokus vrlo dobar primjer zakonitosti njega. Možemo ga lako provesti kod kuće i ponovljiv je.

7. Zahvale

Željela bih se zahvaliti svojoj mentorici Mirti Lulić na pomoći koju mi je pružila kroz cijeli proces pisanja rada. Zahvaljujem se prijateljima koji su mi pružali podršku čak i kada sam htjela odustati. Posebno se želim zahvaliti svome tati koji je spašavao stvari kada ništa nije imalo smisla. I zadnje veliko hvala članovima projekta *Znanstvenik u meni* koji su nam omogućili ovo natjecanje.

8. Literatura

- <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=61540>
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Atmosferski_tlak
- https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/9fa73ce9-74d3-4c51-9a14-c976650188a6/html/25071_Gustoca_tijela.html
- <https://www.wolframalpha.com/input/?i=buoyancy&assumption=%7B%22C%22%2C+%22buoyancy%22%7D+-%3E+%7B%22PhysicalEffect%22%7D>
- <https://gradivo.hr/pages/uzgon>
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Uzgon>
- <https://youtu.be/3FtOcBTR8Js>
- <https://www.wolframalpha.com/input/?i=archimedes+law>
- <https://youtu.be/YyvQ5Twe0kw>
- <https://www.omnicalculator.com/physics/hydraulic-jump>
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Bernoullijeva_jednad%C5%BEba
- <https://youtu.be/DW4rltB20h4>
- <https://www.thermal-engineering.org/what-is-dynamic-pressure-velocity-pressure-definition/>
- https://www.wikilectures.eu/w/Bernoulli_equation
- <https://www.youtube.com/watch?v=wMfeZCZiiPo>
- <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=50759>
- <https://www.stem.ba/fizika/tutorijali/item/24-potisak-i-arhimedov-zakon>

Beštan Kadić, Z. , Brković, N., Pećina P., (2019.), *Fizika* 7. 1. izd.. Zagreb: Element