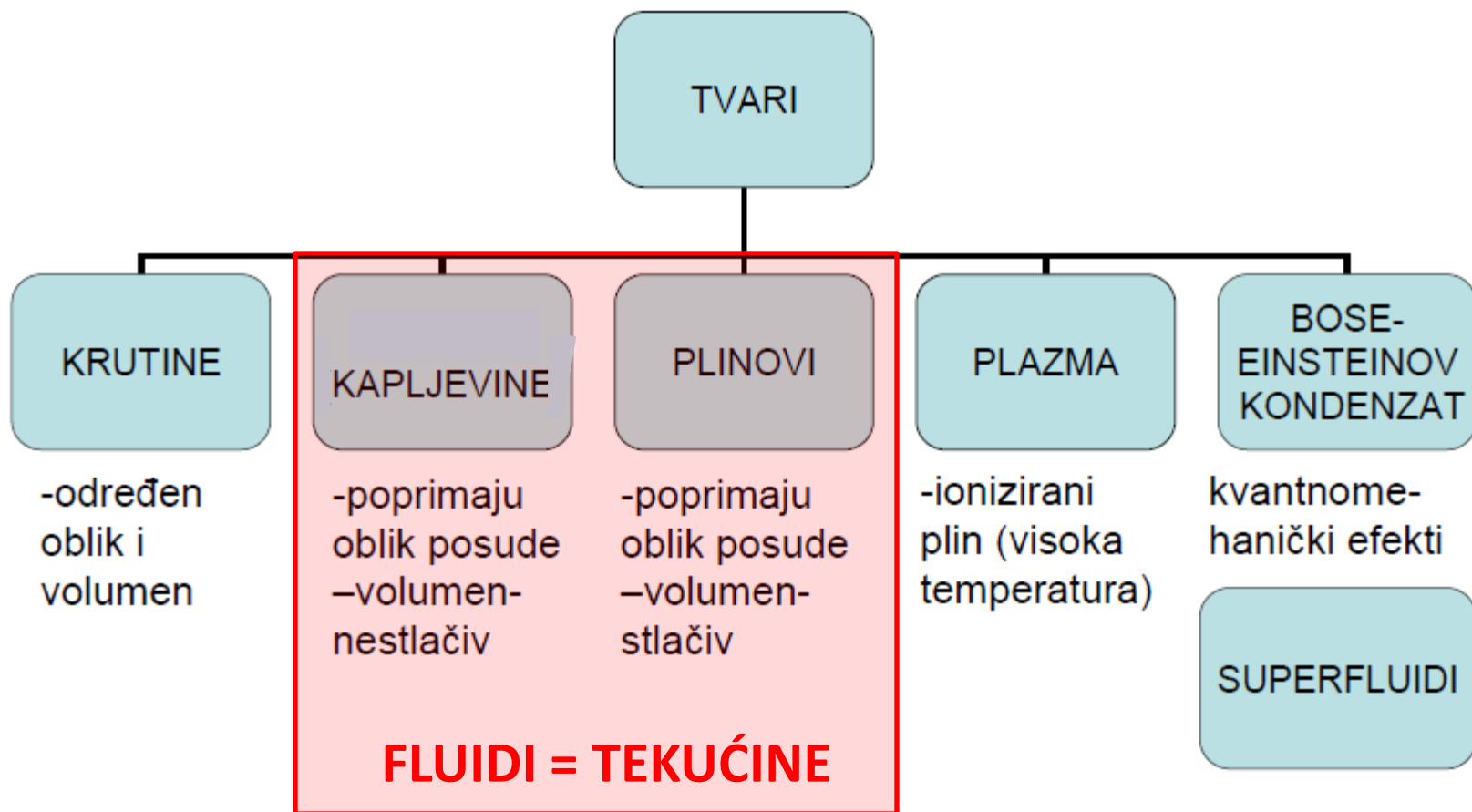


AZOO
STRUČNI SKUP ZA UČITELJE FIZIKE PRIMORSKO-GORANSKE, LIČKO-SENJSKE I ISTARSKE ŽUPANIJE
KONCEPTUALNA NASTAVA I METODIČKI PRAKTIKUM IZ MEHANIKE
Rijeka, 2015.

NENJUTNOVSKI FLUIDI

Izv. prof. dr. sc. Rajka Jurdana Šepić
Odjel za fiziku Sveučilišta u Rijeci



U RAZGOVORNOM JEZIKU - plin nije tekućina, a riječ „kapljevine” rijeđe koristimo.

U FIZICI - tekućina i fluid su sinonimi. Kapljevine i plinovi su tekućine.

Zrak je plin, a time je i tekućina tj. fluid. Voda je kapljevina, a time je i tekućina tj. fluid.

FLUIDI

njutnovski
za koje vrijedi

nenjutnovski
za koje **ne** vrijedi

Newtonov zakon viskoznosti

FLUIDI

idealni
zanemaruje se

realni
uzima se u obzir

unutarnji otpor fluida



VISKOZNOST



Viskoznost je mjera unutarnjeg otpora (trenja) fluida.

Isaac Newton

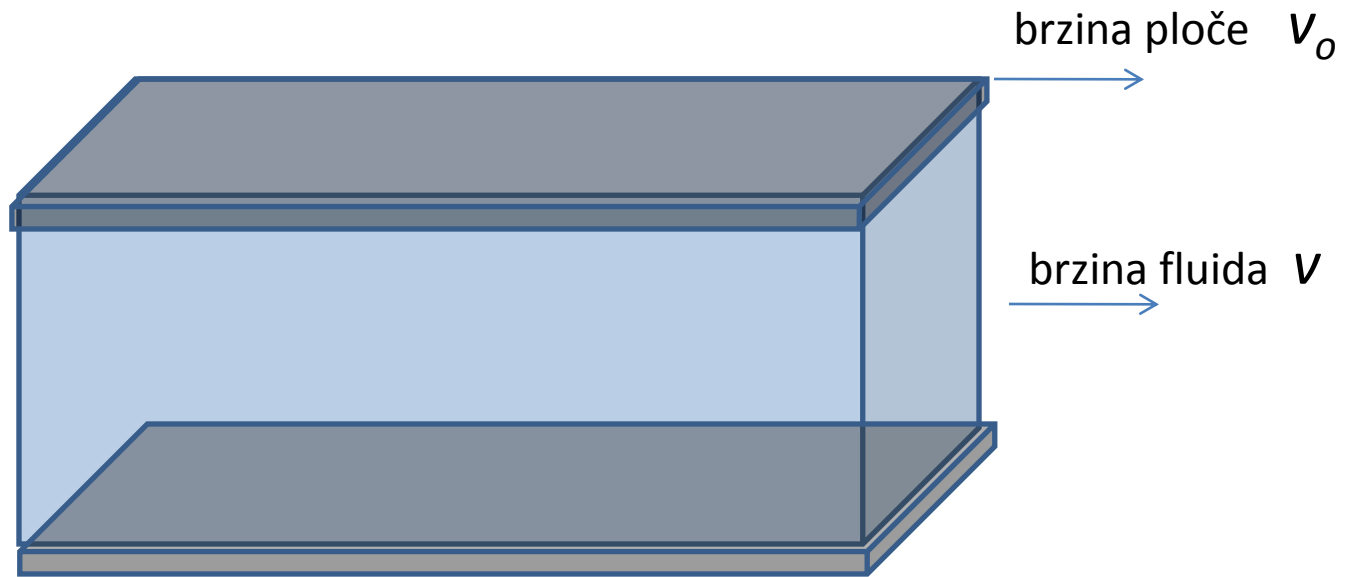


Viskoznost je mjera unutarnjeg otpora (trenja) fluida.

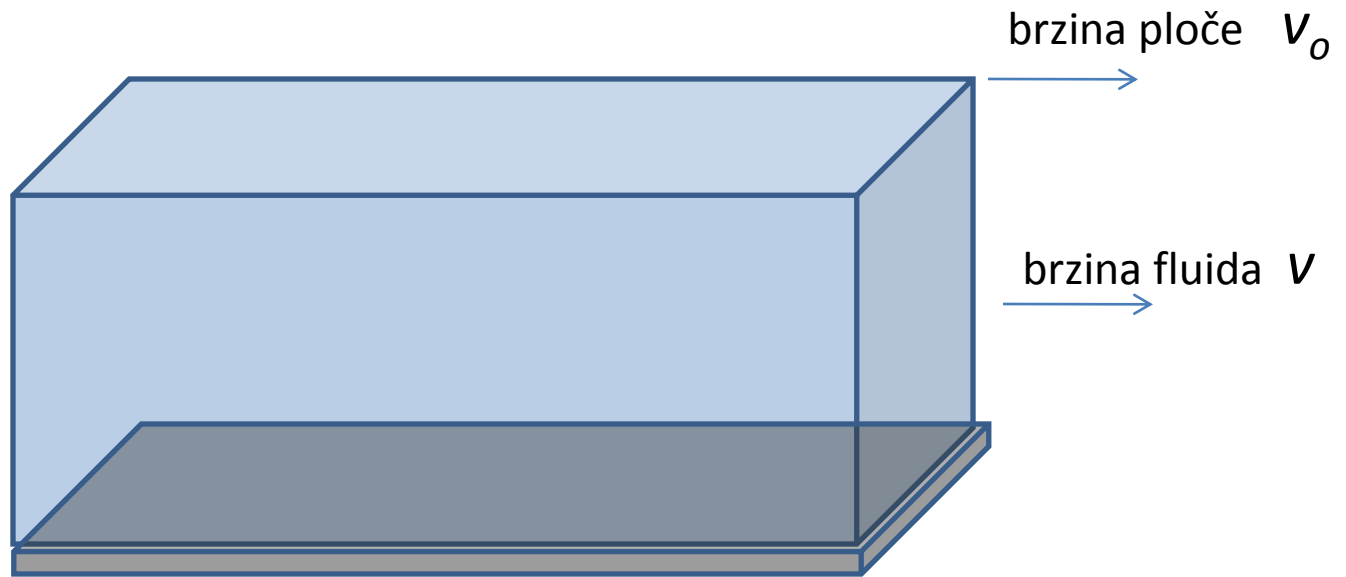
NEWTONOV ZAKON VISKOZNOSTI



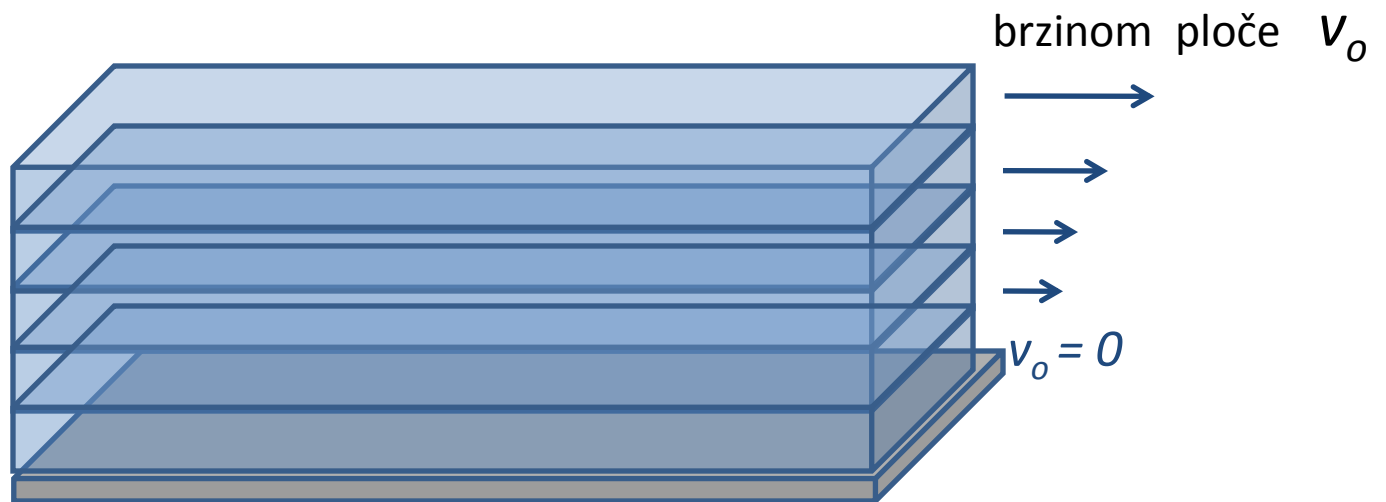
NEWTONOV ZAKON VISKOZNOSTI



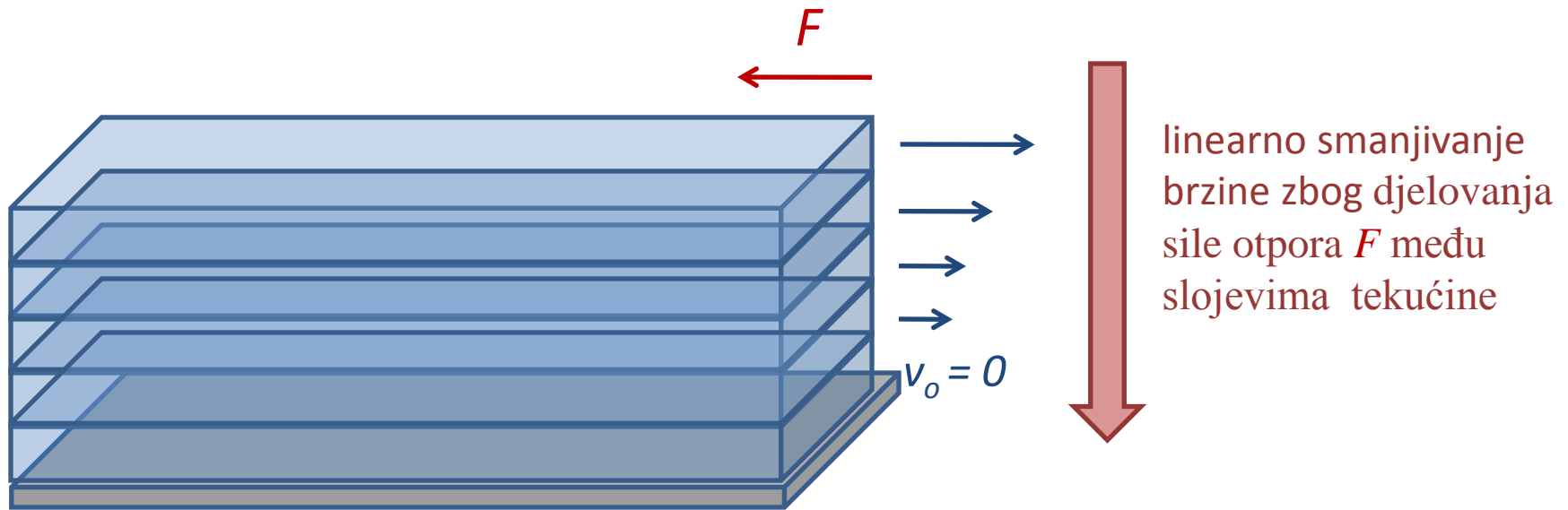
NEWTONOV ZAKON VISKOZNOSTI



NEWTONOV ZAKON VSKOZNOSTI



NEWTONOV ZAKON VISKOZNOSTI



NEWTONOV ZAKON VISKOZNOSTI

The diagram illustrates Newton's Law of Viscosity, represented by the equation $\frac{F}{S} = \eta \frac{dv}{dy}$. The equation is enclosed in a large blue oval. The coefficient of viscosity, η , is highlighted with a smaller blue oval. Arrows point from the terms to their respective labels: $\frac{F}{S}$ is labeled 'Sila otpora' (Resistance force) and 'Ploština ploče' (Plate area); η is labeled 'koeficijent viskoznosti' (Coefficient of viscosity); and $\frac{dv}{dy}$ is labeled 'smična brzina' (Shear rate). Additionally, an arrow points from $\frac{F}{S}$ to 'smično naprezanje' (Shear stress). A large blue arrow points downwards from the equation towards the word 'VISKOZNOST'.

$$\frac{F}{S} = \eta \frac{dv}{dy}$$

Sila otpora

Ploština ploče

smično naprezanje

koeficijent viskoznosti

smična brzina

VISKOZNOST

NJUTNOVSKI FLUIDI

Newtonov zakon viskoznosti

$$\frac{F}{S} = \eta \frac{dv}{dy}$$

viskoznost smična brzina

Viskoznost ne ovisi o smičnoj brzini



VISKOZNO STRUJANJE

NENJUTNOVSKI FLUIDI

Newtonov zakon viskoznosti

$$\frac{F}{S} = \eta \frac{dv}{dy}$$

viskoznost

smična brzina

Viskoznost ~~ne~~ **ovisi** o smičnoj brzini



PLASTIČNO STRUJANJE

$$\frac{F}{S} = \mu \frac{dv}{dy}$$

koeficijent
plastičnosti

NENJUTNOVSKI FLUIDI

Vremenski neovisni (stacionarni) fluidi

smično naprezanje neovisno o trajanju primjene sile (naprezanja), a ovisno samo o smičnoj brzini

Vremenski ovisni (nestacionarni) fluidi

smično naprezanje ovisno i o smičnoj brzini i o trajanju primjene sile (naprezanja)

Viskoelastični fluidi

kombinirana viskozna i elastična svojstva

NENJUTNOVSKI FLUIDI

Viskoznost ~~ne~~ **ovisi** o smičnoj brzini



Prividna viskoznost - viskoznost za prosječnu vrijednost smične brzine

NENJUTNOVSKI FLUIDI

Vremenski neovisni fluidi

Viskoplastični fluidi - ponašaju kao fluidi nakon što na njih djeluje dovoljno veliko početno naprezanje. Nakon toga smično naprezanje ovisi o smičnoj brzini.

Pseudoplastični fluidi - smanjenje prividne viskoznosti povećavanjem smične brzine

Dilatantni fluidi - povećanje prividne viskoznosti povećanjem smične brzine

Vremenski ovisni fluidi

Tiksotropni fluidi - prividna viskoznost se smanjuje s trajanjem sile

Reopeksni fluidi - prividna viskoznost se povećava s trajanjem sile

NENJUTNOVSKI FLUIDI

Vremenski neovisni fluidi

Pseudoplastični fluidi - lak za nokte, tučeno vrhnje, kečap, krv...

Dilatantni fluidi - vodena otopina škroba, pijesak u vodi...

Vremenski ovisni fluidi

Tiksotropni fluidi - jogurt, želatina, većina boja, mnoge koloidne otopine..

Reopeksni fluidi - tinta pisača, gipsna pasta..

DILATANTNI FLUIDI

- vrlo koncentrirane suspenzije sferičnih, krutih, slabo topljivih čestica

suspenzija kukuruznog škroba u vodi

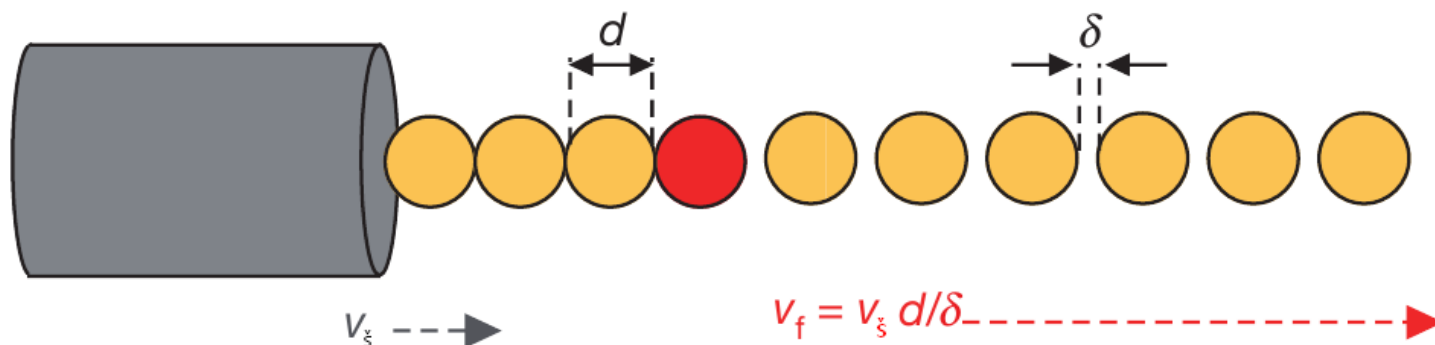
(S. R. Waitukaitis i H. M. Jaeger, University of Chicago)



Djelovanje malom silom (polagano miješanje) - voda djeluje kao mazivo

Djelovanje većom silom (udarac) - voda brzo izlazi iz područja gdje je djelovala sila, gusto zbijene čestice škroba tada djeluju kao krutina (model ralice)

MODEL RALICE



Šipka se giba brzinom v_ξ i gura čestice škroba stvarajući frontu krutine (crvena kuglica) koja se giba brzinom v_f



10. Festival znanosti Rijeka, travanj 2012.

Najveće čudo su mi ipak ostali nenjutnovski fluidi, nikada se prije nisam s tim susrela i mislim da sam to već svim prijateljima nekoliko puta prepričavala taj doživljaj, odnosno taj čudan osjećaj pod rukom, gdje vidiš jedno, a osjećaj je sasvim drugi.

Ivana Bruketa

Nenjutnovski fluid kao jedan od pokusa koji me posebno i **jako fascinirao, dojmio i jedan od onih zbog kojega smo mnogi bili jako uzbuđeni i sretni.**

Prepričavala sam svima o tom pokusu, a s učenicima ću ga svakako i napraviti.

Kristina Jurčić



Posebno ističem pokus „**Nenjutnovski fluidi**” koji me **u potpunosti oduševio**. Nisam očekivala Da će se vodena otopina gustina, koju inače koristim u pečenju, različito ponašati ovisno o gibanju ruke. Zsigurno mogu reći kako je **ovaj pokus izazvao najviše reakcija oduševljenja i to s razlogom...**

Morena Poljančić

„Nenjutnovski fluidi“ jeo jedan od pokusa kojem sam posvetila najviše pažnje, koji me najviše očarao i s kojim sam najduže eksperimentirala s obzirom da mi je bilo nestvarno da takva tekućina u jednom trenu dopušta da mi ruka potpuno uroni u nju, a u drugom se neće ni pomaknuti koliko se stvrdne.

Kristina Stanić



Vjerujem da se meni, kao i većini studenata uz mnogobrojne zanimljive pokuse, najviše svidio pokus „Nenjutnovski fluidi“. Naša reakcija kada ste nam izveli taj pokus, bila je veoma simpatična. Osjećala sam se kao da smo u osnovnoj školi, oduševljenje na našim licima i sreća kada sam uronila prste u vodenu otopinu bila je neopisiva. Nikada se nisam susrela s takvim, niti sličnim pokusom. Nakon ovoga pokusa, odmah sam otišla na internet kako bi pokazala svojim roditeljima pokus koji sam radila na fakultetu.

Ana Magaš

1. Tapkaj prstima pa odmah zatim uroni prste polako
2. “Kacot”
3. Uroni cijelu ruku, gibaj prste polako pa brzo i osjeti “grumenje”
4. Polako uroni ruku pa je naglo izvuci

LITERATURA

Marija Čargonja, Nenjutnovski fluidi, Završni rad preddiplomskog studija, Odjel za fiziku Sveučilišta u Rijeci, 2012.

E. Guyon, J.-P. Hulin, L. Petit, C. D. Mikesen, Physical hydrodynamics, Oxford University Press Inc., New York, 2001.

R. P. Chhabra, Bubbles, drops, and particles in non-Newtonian fluids, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2007.

W. F. Hughes, J. A. Brighton, Schaum's outline series, theory and problems of fluid dynamics, McGraw-Hill, 1967.

L. Velázquez-Ortega, S. Rodríguez-Romo, Local effective permeability distributions for non-Newtonian fluids by the lattice Boltzmann equation, Chemical Engineering Science, br. 12, sv. 64, str. 2866-2880, lipanj 2009.

T. E. Faber, Fluid dynamics for physicists, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

MREŽNE STRANICE

- pretraživanje po: nonnewtonian fluid, preuzeto: travanj 2014.

<http://www.youtube.com/watch?v=f2XQ97XHjVw>

<http://www.youtube.com/watch?v=U5dB5Qsgj2g>

<http://www.youtube.com/watch?v=w4xkvCcAers>

<http://www.youtube.com/watch?v=thX4pkeHbTA>