

Nenewtonovské kapaliny

V.Brada, V.Šohájek, H.Walner

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
bradavik@fjfi.cvut.cz, sohajvik@fjfi.cvut.cz, walnehyn@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Naším cílem bylo vysvětlit nestandardní chování určitých kapalin s nimiž člověk přichází běžně do styku, ale neuvědomuje si přímo jejich výjimečnost z fyzikálního hlediska. Tuto skutečnost jsme dále chtěli přímo demonstrovat pokusem, na němž by bylo názorně vidět reakci kapaliny na mechanické vlnění.

1 Úvod

Kapaliny se kterými se setkáváme se dají obecně rozdělit. Ty které se chovají jako voda, popisem takových kapalin se zabýval právě Isaac Newton a proto se nazývají newtonovské Ty, jimiž jsme se rozhodli zabývat, které se nazývají nenewtonovské. Pod toto označení tedy spadají všechny kapaliny, které se chovají „nestandardně“ to znamená, že nepodléhají zákonu viskozity a právě tato vlastnost vyvolává „zajímavé“ fyzikální jevy. Experiment, který jsme provedli se týkal kapaliny s názvem *oobleck*, kterou jsme nalili na reproduktor, který byl připojen na tónový generátor a dodával tím pádem kapalině kinetickou energii. Následně jsme sledovali výsledky pro různé frekvence.

2 Rozdělení kapalin a teorie

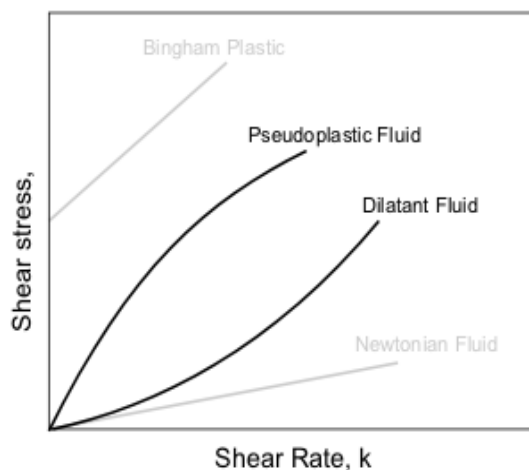
Pro newtonovské kapaliny tedy platí zákon viskozity, který říká že viskozita je přímo úměrná vnitřnímu tření kapaliny. Viskozita, jako veličina, nám charakterizuje jak moc kapalina teče. U nenewtonovských kapalin se však setkáváme se složitější závislostí:

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}$$

Obr.1 Newtonův zákon viskozity

Kde τ je vnitřní tření kapaliny a η je viskozita kapaliny.

Vztah dv/dy vyjadřuje změnu rychlosti deformace v kolmém směru. Ne každá nenewtonovská kapalina však reaguje na rychlost deformace jinak. Podle toho, jakým způsobem reagují je lze dále dělit.



Obr. 2 Graf závislosti rychlosti deformace na napětí jednotlivých typů nenewtonovských kapalin.

Můžeme tedy z grafu odvodit, co bude která kapalina dělat při dodávkách energie s určitou rychlostí. Kapalina s názvem „Bingham plastic“ se chová od určitého momentu podobně jako newtonovské kapaliny, i když křivka lineární závislosti je zde strmější, znamená to, že do jistého času „odolává“ deformaci a poté rychlým tempem zvyšuje svou viskozitu. Příkladem takové kapaliny je třeba zubní pasta. Dalším druhem nenewtonovských kapalin je Pseudoplastická kapalina, ta se chová tak, že viskozita rapidně stoupá s rychlostí deformace. Příklad pseudoplastické kapaliny je kečup. Dalším typem nenewtonovské kapaliny je „Dilatační kapalina“ neboli *oobleck*, který naopak s rychlostí deformace svou viskozitu snižuje. Když tedy zvyšujeme rychlost, se kterou *oobleck* deformujeme, získává vlastnosti pevné látky.

3 Přípravy experimentu

K experimentu jsme si vybrali snad nejdostupnější dilatační kapalinu, již zmíněný *oobleck*, který se dá celkem snadno, rychle a levně připravit z vody a kukuřičného škrobu. Podle návodu by měla být voda s kukuřičným škrobem v poměru 1:2, nám se ovšem více osvědčilo míchat do směsi škrobu více, aby lépe vyniklo „tančení“ kapaliny. Namíchanou směs jsme vylili na reproduktor, který jsme nejprve zabalili do igelitu, aby nedošlo k poškození membrány, nicméně takto se nám experiment nepodařil a museli jsme příště kapalinu lít přímo na membránu reproduktoru. Reprodukter jsme připojili na tónový generátor a zkoušeli použít rozdílné frekvence a pozorovali chování kapaliny. Kapaliny byla „nejpohyblivější“ při nižších frekvencích, nicméně se nám nepodařilo dosáhnout cíleného výsledku, aniž bychom nemuseli kapalinu ze začátku rozhýbat manuálně. Dále jsme chtěli vyzkoušet, jak bude kapalina reagovat na různé druhy hudby, bohužel se nám tento pokus nezdařil a navíc jsme po připojení reproduktoru na zesilovač reproduktor spálili.

4 Průběh prezentace

Po předvedení prezentace jsme přistoupili k samotnému experimentu. Pro lepší názornost pohybu kapaliny jsme *oobleck* obarvili potravinářským barvivem na zeleno, zapojili zvukovou aparaturu a spustili experiment. Po krátké chvíli ladění frekvencí a amplitudy na tónovém generátoru se nám podařilo nalézt správnou konfiguraci a kapalina se začala na reproduktoru vlnit. Dále vše probíhalo podle plánu a posluchačům jsme demonstrovali přechod od pevného skupenství *oplecku* k pevnému. Ukázali jsme, že kapalinu lze zpevnit i jednorázovým, prudkým zdeformováním rukou tak, že jsme rozlitou kapalinu doslova sebrali z plochy katedry. Umožnili jsme posluchačům vyzkoušet si zmáčknutí *ooblecku* nebo jeho přehazování v rukou. Celý experiment s reproduktorem jsme kvůli přehlednosti snímali na kameru a pouštěli na plátno.

5 Poděkování

Děkujeme panu ing. Vojtěchu Svobodovi za poskytnutí přístrojů k pokusům a celkovou ochotu při přípravě prezentace.

Reference

- [1] Kolektiv autorů, *Viscosity*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Viscosity>
- [2] Kolektiv autorů, *Couette flow*, http://en.wikipedia.org/wiki/Couette_flow
- [3] Kolektiv autorů, *Shear thickening*, http://en.wikipedia.org/wiki/Shear_thickening
- [4] umbourgh1, *Oobleck: The Dilatant Fluid*, <http://mech2262.drupalgardens.com/content/oobleck-dilatant-fluid>
- [5] Cheremisihoff, Nicholas P., *Encyclopedia of Fluid Mechanics: Rheology and Non-Newtonian Flows*, Houston, Texas: Gulf Publishing Company (1988)
- [6] Halliday D., Resnick R., Walker J., *Fyzika : vysokoškolská učebnice obecné fyziky*, Prometheus, Praha (2000)