

Jsou kočky pevné nebo kapalné?



Reologie



Koček

Napsali Rob Campbell a Caroline Martin

Přeložila Blanka Collis

Děkujeme Reologické společnosti (Society of Rheology),  
M. A. Fardinovi a našim poradkyním pro vzdělávání  
Victorii Russell a Kelsey Briselli.



2023

v1.1



Jsou kočky pevné nebo kapalné?

Rozlišujeme tři základní skupenství hmoty:

PEVNÉ



KAPALNÉ



PLYNNÉ



Pevná tělesa drží svůj tvar.

Kapaliny a plyny nabývají tvaru své nádoby.

Ale co věci, které jsou mezi nimi?

Jak změříme, jak moc je něco

“pevné” nebo “tekuté”, když se to chová jako obojí?

Můžeme využít

**REOLOGII!**



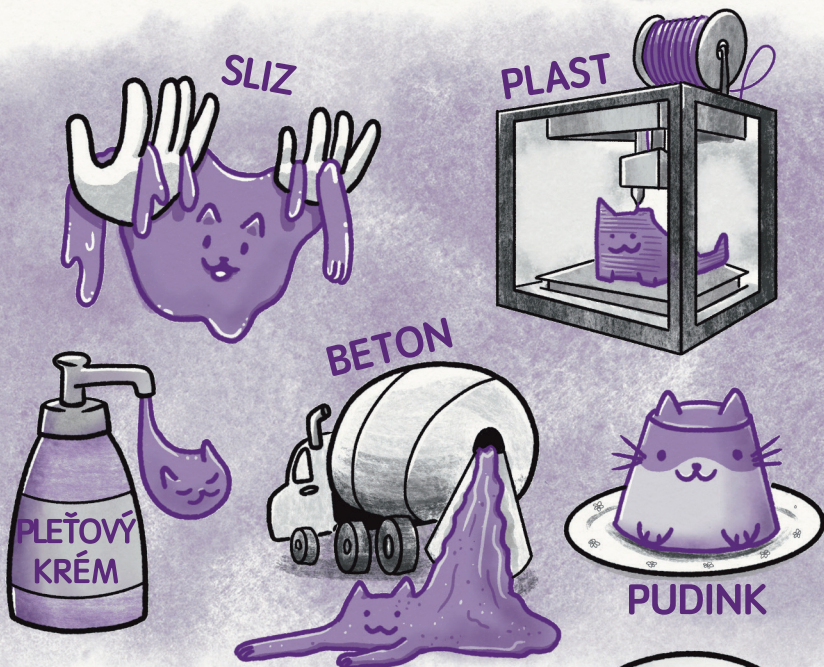


Reologie se zabývá tím, jak věci tečou.

Reolog zkoumá, nakolik je něco “pevné” nebo “tekuté” a na základě těchto informací připravuje látky se speciálními mačkáacími vlastnostmi!



Věci jako...

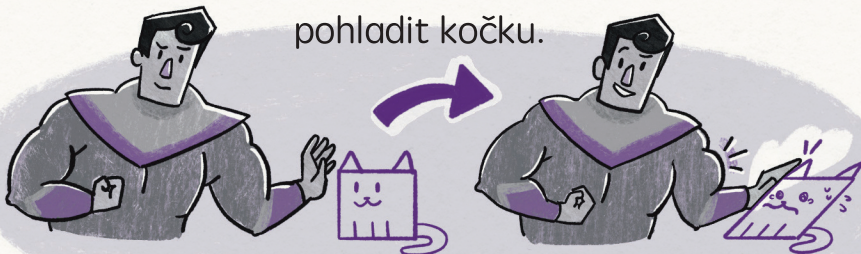


Reologové měří chování látek v čase pozorováním **napětí a deformací**



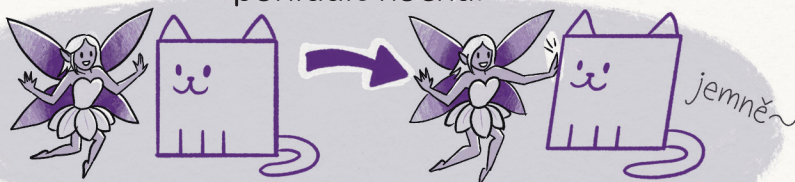


Představte si obřího superhrdinu, který se snaží pohladit kočku.



Síla tohoto pohlázení se nazývá **napětí**. Zmáčknutí kočky (změna jejího tvaru) se nazývá **deformace**. Velké napětí způsobuje velkou deformaci.

Představte si malou vílu, která se snaží pohladit kočku.



Protože je zde velmi malé napětí, je kočka deformována jen velmi málo. Malé napětí způsobuje malou deformaci.

Co když se míra napětí s časem mění?



V reologii je důležité, jak se napětí a deformace mění v čase a zda se tak děje rychle nebo pomalu.

Obvykle se napětí a deformace mění společně – čím větší napětí, tím větší deformace – ale neplatí to vždy! O tom více později.

Co to má společného s pevnými a kapalnými látkami??

Začněme pevnými látkami. Krátkodobě se kočky chovají jako pevné látky.



Mohou být:

**ELASTICKÉ**  
(PRUŽNÉ)

**PLASTICKÉ**  
(TVÁRNÉ)

**KŘEŤKÉ**  
(POPRASKANÉ)

Když se kočky leknou, jsou jako **elastická (pružná)** pevná látka.



Stejně jako gumový míček se kočky po napětí a deformaci “vracejí” do původního tvaru.



Tato schopnost návratu do původního tvaru se nazývá “elasticitá”.





Některé pevné látky, jako je například hlína, se neodráží.

Namísto toho se **plastická (tvárná)** pevná látka vlivem napětí roztahuje nebo mačká. Takto zůstane, dokud na ni nezapůsobí nové napětí.

Tato schopnost měnit tvar se nazývá "plasticita".

Kočky jsou zpočátku elastické, dokud nedosáhnou **meze pevnosti**, což je míra napětí, která způsobí, že se přestanou odrážet a stanou se plastickými.



Pokud však na jakoukoli pevnou látku působí příliš velké napětí...



...nakonec se stejně **zlomí**.



V průběhu delší doby se kočky chovají jako kapalina, která nabývá tvaru své nádoby.

V porovnání s vodou jsou kočky **viskóznější** – jsou o něco hustší.



Kapalina s nízkou viskozitou je řidší a teče rychle jako voda nebo mléko.

Mají vyšší **viskozitu** a tečou pomaleji, podobně jako med nebo melasa.



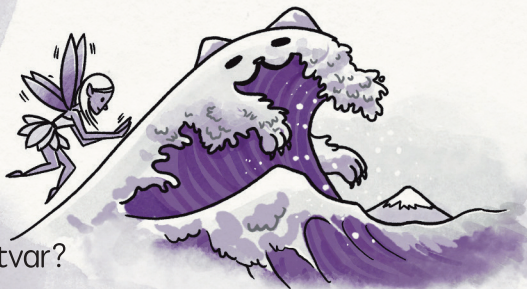
Jak zkoumáme vztah mezi napětím a deformací v kapalině? Je to náročné!



Kapaliny jsou neustále v pohybu, takže míra deformace se neustále mění.

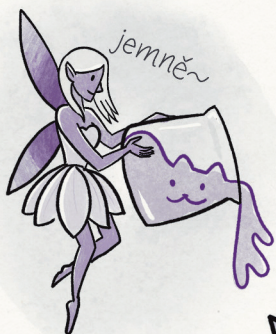
Místo toho můžeme zkoumat, jak rychle se deformace mění.

Jak rychle mění kapalina svůj tvar? Tomu se říká **rychlost deformace**.



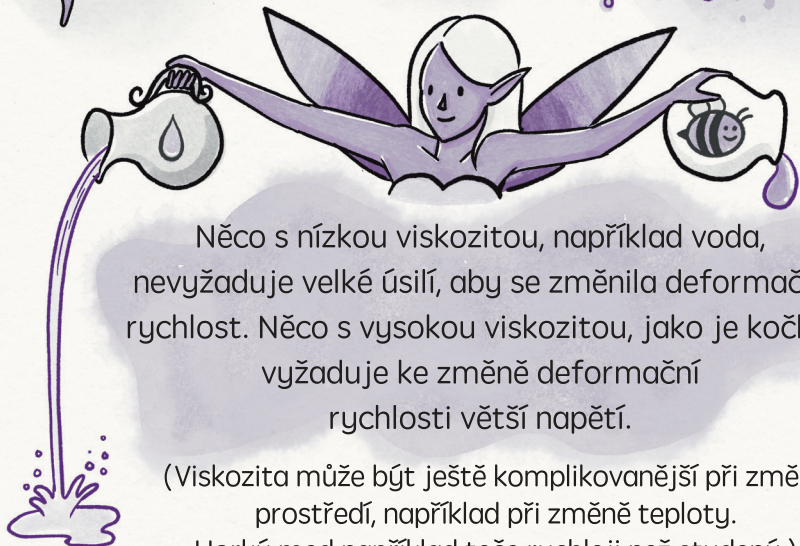
Viskozita vypovídá o vztahu mezi napětím a rychlostí deformace.

Říká nám, jak velké napětí je potřeba k tomu, aby se změnila rychlost pohybu kapaliny.



Něco s nízkou viskozitou, například voda, nevyžaduje velké úsilí, aby se změnila deformační rychlost. Něco s vysokou viskozitou, jako je kočka, vyžaduje ke změně deformační rychlosti větší napětí.

(Viskozita může být ještě komplikovanější při změně prostředí, například při změně teploty. Horký med například teče rychleji než studený.)





Spousta věcí, stejně jako kočky, se vyznačuje kombinací elastického, plastického a viskózního chování.

## VISKOPLASTICKÁ



Plastická pevná látka při nízkém napětí a viskózní kapalina při vysokém napětí

(např. bláto, zubní pasta, majonéza)

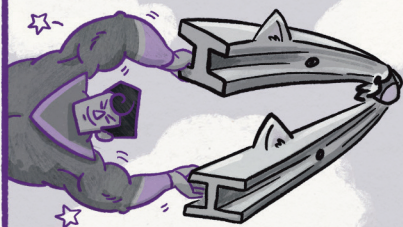
## VISKOELASTICKÁ



Rychlost deformace závisí na čase: elastické chování během krátkých časových úseků, viskózní tok během delších časových úseků

(např. hromádka nudlí, kečup)

## ELASTOPLASTICKÁ



Tělesa s mezí pevnosti: pružná při nízkém napětí, plastická při vysokém napětí

(např. ocel)

## ELASTOVISKOPLASTICKÁ



Chování závisí jak na míře deformace, tak na rychlosti deformace

(např. láva)

Jejich chování závisí na komplikovaných vztazích mezi napětím a deformací, a proto dělají věci, které se zdají být neočekávané a nepředvídatelné!





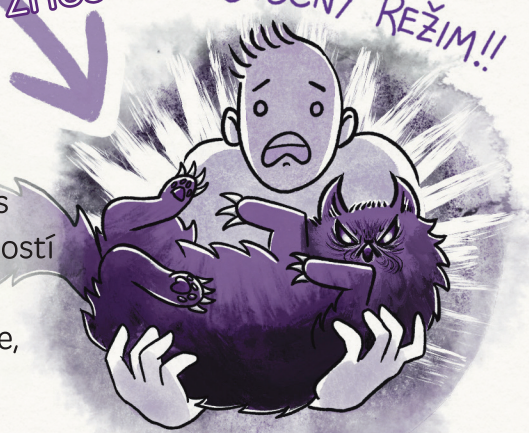
Někdy větší napětí neznamená větší deformaci



Pokud zvýšíte míru napětí na kočku, ne vždy se zvýší i její deformace. Místo toho může kočka přejít z uvolněného stavu...

SMYKOVÉ ZHUŠTĚNÍ ÚTOČNÝ REŽIM!!

...najednou ztuhnout a být připravena k útoku! Její viskozita se zvyšuje s rostoucí smykovou rychlostí a velká napětí mohou způsobit malé deformace, tzv. **smykové zhuštění**.



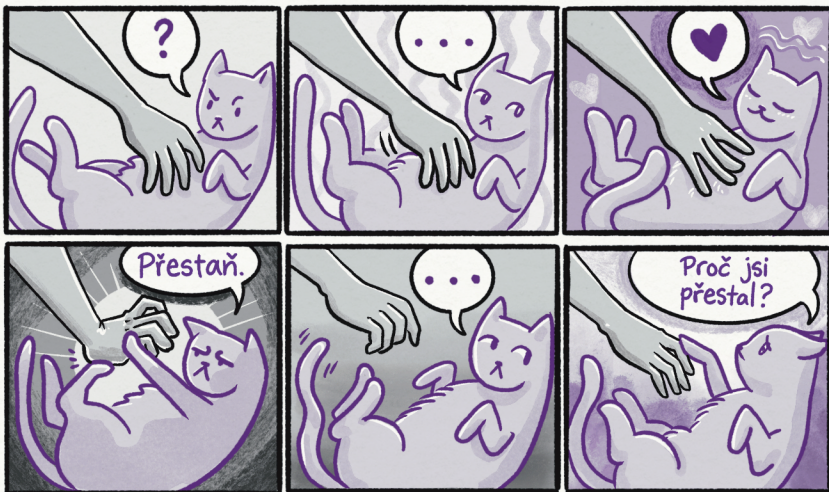
Za pomoci napětí se ale také kočky mohou změnit ze ztuhlých na super klidné...



Jejich viskozita klesá s rostoucí smykovou rychlostí a malá napětí mohou způsobit velké deformace, tzv. **smykové ztenčování**.



Pokud na kočku dlouhodobě působí stejné napětí ve stejné míře, tak se její chování někdy změní! Jako by došlo k časové prodlevě, než se kočka rozhodne, jak na napětí zareaguje.



Pokud látka takto mění chování v závislosti na čase, nazýváme to **tixotropií**.



K tixotropii obvykle dochází proto, že se v průběhu času mění struktura uvnitř materiálu.





Když mícháte nějakou kapalinu opravdu rychle, obvykle se rozletí do všech stran (jako třeba vejce v mixéru), ale některé materiály se drží mixéru jako kočka, a dokonce po něm lezou nahoru!

Tomu se říká

## WEISSENBERGŮV EFEKT



Voda vytéká z kohoutku docela plynule, ale některé viskoelastické kapaliny mění velikost a hned po opuštění nádoby se značně zvětší.

Tomu se říká

## NARŮSTÁNÍ ZA HUBICÍ



Co jsou  
tedy kočky?

Savci!

Nesmírně  
roztomilé!

Staří Egypťané si  
mysleli, že mají  
božskou energii!

Strážci jiného  
světa podle  
keltské tradice!

Čtvrté zvíře  
vietnamského  
zvěrokruhu!



Možná nikdy zcela nepochopíme, proč se kočky chovají tak, jak se chovají, ale víme, že se řídí vlastními pravidly, stejně jako spousta dalších látek.



O látkách mezi pevným a kapalným skupenstvím toho stále ještě mnoho nevíme. Reologie nám ukazuje, že toto složité chování závisí na vztahu mezi napětím a deformací a na tom, jak se tyto věci mění v čase.

Ale každá látka je trochu jiná, stejně jako každá kočka!



**Která se vám líbí nejvíc?**



## SLOVNÍČEK

**REOLOGIE** – studium toho, jak a proč látka mění svůj tvar v různých situacích (zejména látky, které nejsou čistě pevné, kapalné nebo plynné)

**NAPĚTÍ** – velikost síly působící na danou látku

**DEFORMACE** – jak moc daná látka mění svůj tvar

**ELASTICKÁ (PRUŽNÁ) PEVNÁ LÁTKA** – látka, která drží svůj tvar a po vystavení napětí se vrátí do původního tvaru

**PLASTICKÁ (TVÁRNÁ) PEVNÁ LÁTKA** – látka, která drží svůj tvar, ale po vystavení napětí se do původního tvaru nevrací

**MEZ PEVNOSTI** – maximální napětí, kterému může být vystavena pružná látka, než se stane plastickou

**KŘEHKÁ (POPRASKANÁ) PEVNÁ LÁTKA** – látka, která drží svůj tvar, ale praskla, zlomila se

**VISKÓZNÍ KAPALINA** – látka, která teče a nabývá tvaru své nádoby

**VISKOZITA** – jak “hustá” daná látka je; míra vztahu mezi napětím a rychlostí deformace. Říká nám, jak velké napětí potřebujeme k tomu, abychom změnili rychlost, jakou se materiál pohybuje

**RYCHLOST DEFORMACE** – rychlost, jakou se mění deformace; jak rychle se materiál pohybuje a mění tvar

Děkujeme za přečtení!



**VISKOPLASTICKÁ** – chovající se jako plastická pevná látka při nízkém napětí a jako viskózní kapalina při vysokém napětí (např. bláto, zubní pasta, majonéza)

**VISKOELASTICKÁ** – mající rychlost deformace závislou na čase: elastické chování v krátkém čase, viskózní tok v dlouhém čase (např. hromádka nudlí, kečup)

**ELASTOPLASTICKÁ** – mající mez pevnosti: elasticitu při nízkém namáhání a plasticitu při vysokém namáhání (např. ocel)

**ELASTOVISKOPLASTICKÁ** – měnící se chování v závislosti na míře i na rychlosti deformace (např. láva)

**SMYKOVÉ ZHUŠTĚNÍ** – když se viskozita zvyšuje s rostoucí smykovou rychlostí a velká napětí mohou způsobit malé deformace

**SMYKOVÉ ZTENČENÍ** – když viskozita klesá s rostoucí smykovou rychlostí a malá napětí mohou způsobit velké deformace

**TIXOTROPIE** – když stejné napětí způsobuje v průběhu času odlišné chování; “časové zpoždění” nebo “paměťový” efekt, který je obvykle způsoben vnitřní strukturou dané látky

**WEISSENBURGŮV EFEKT** – když při míchání látky tato látka stoupá nahoru po mixéru, místo aby od něj odlétala

**NARŮSTÁNÍ ZA HUBICÍ** – když látka vytéká z kohoutku nebo nádoby, tak se na krátkou dobu zvětší (nabobtná)

## Reologický komiks č.1

Reologie je nauka o tom, jak věci tečou  
(*rheo* = tok, *logos* = nauka).

*Panta rhei* – vše plyne!

Tento komiks, inspirovaný článkem M. A. Fardina  
“On the rheology of cats” (2014), který získal Ig  
Nobelovu cenu, popisuje základy reologie  
pomocí našich oblíbených kočičích mazlíčků.



Financováno z fondu Rheology Venture Fund  
Reologické společnosti (Society of Rheology).



Další informace o reologii získáte použitím QR kódu.

Tento komiks je dostupný také v:

- English • 日本語
- Ελληνικά • فارسی
- العربية • Français

A další již brzy!

