

## 8. přednáška

# Interakce mezi kapalinou a vláknenným materiálem

Plateau-Rayleighova nestabilita - kapalinový film na vlákne

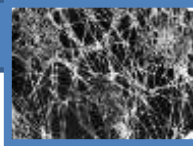
Doc. Ing . Eva Kuželová Košťáková, Ph.D.

Katedra chemie, FP, TUL

[Eva.kostakova@tul.cz](mailto:Eva.kostakova@tul.cz)

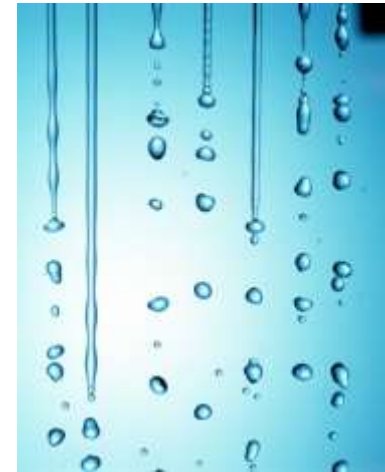
Tel.: 48 535 3489

Budova C, 3. patro

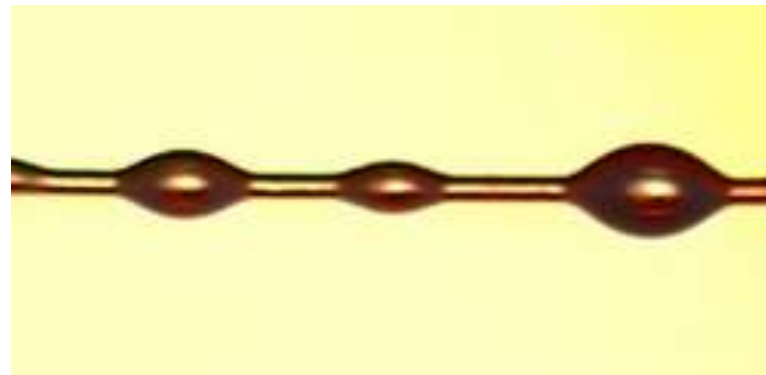


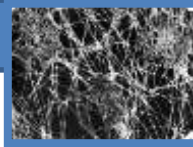
Vlnová délka  $\lambda = 2,88\pi r_0$

$r_0$  ...poloměr kapalinového válce

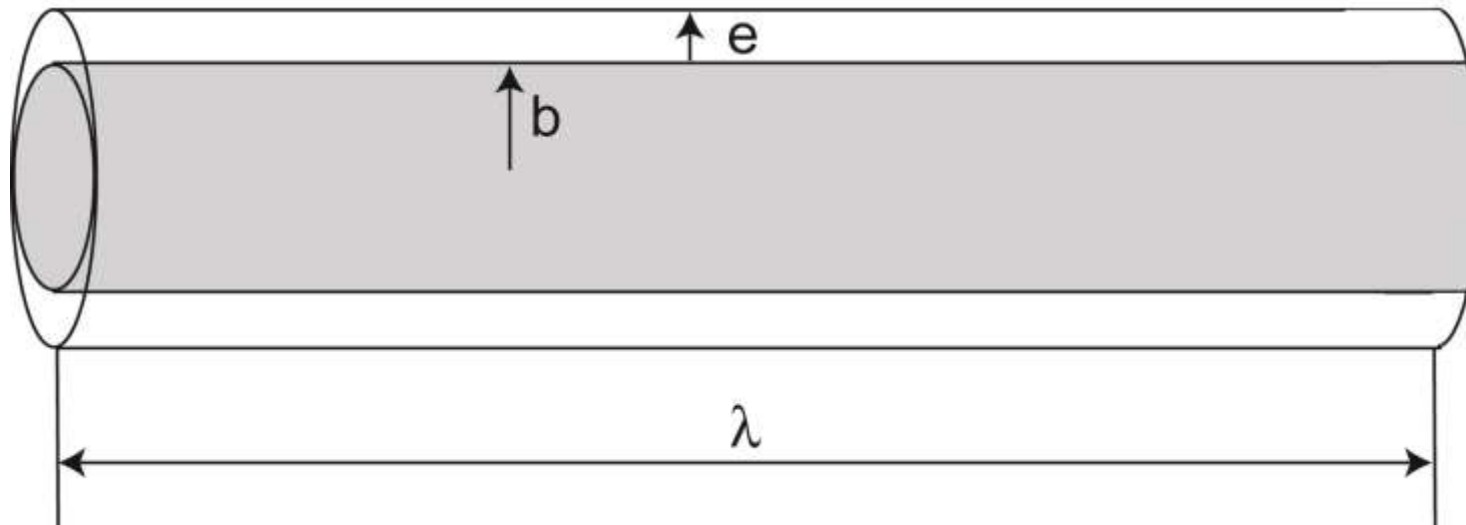


Jak je tomu v případě, že do kapalinového sloupce vložíme pevné jádro, v našem případě vlákno? Empirické poznatky ukazují, že makroskopický film umístěný na vlákne se začne samovolně rozpadat na malé kapkovité útvary.

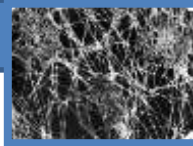




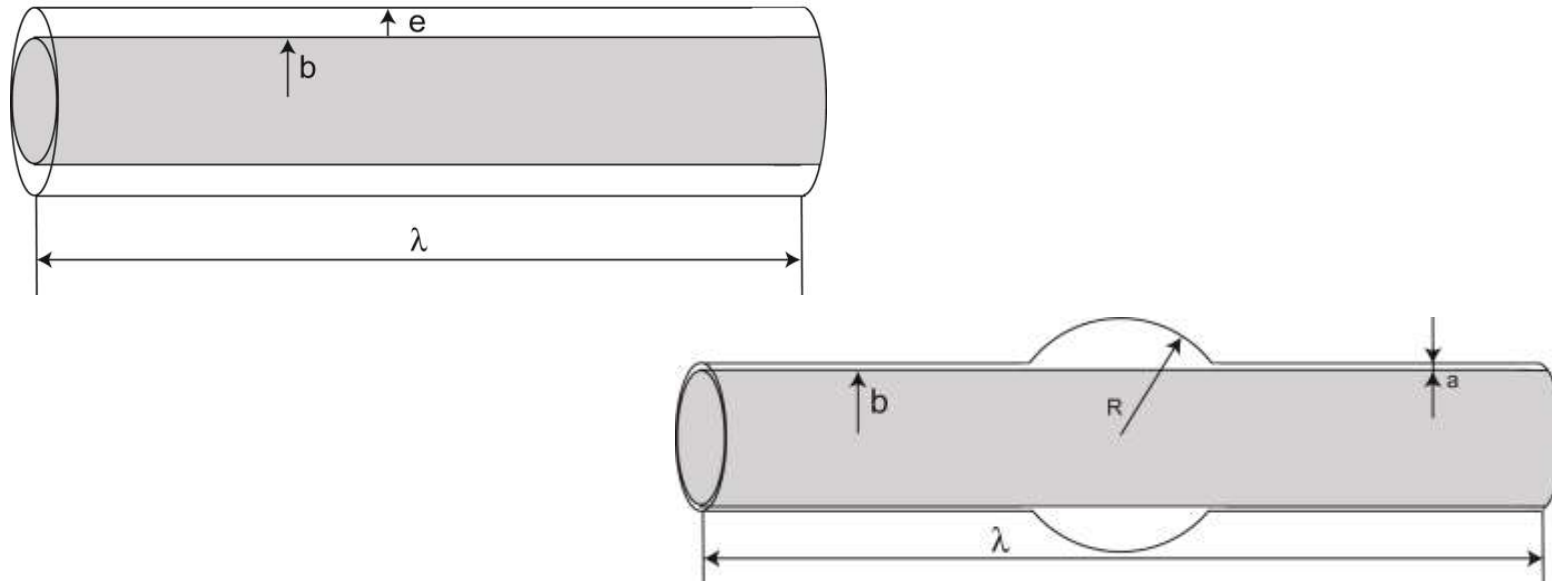
## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne



*Válcové těleso o poloměru  $b$  pokryté kapalinovým tělesem tloušťce  $e$  a délce  $\lambda$ .*

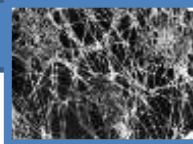


## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne

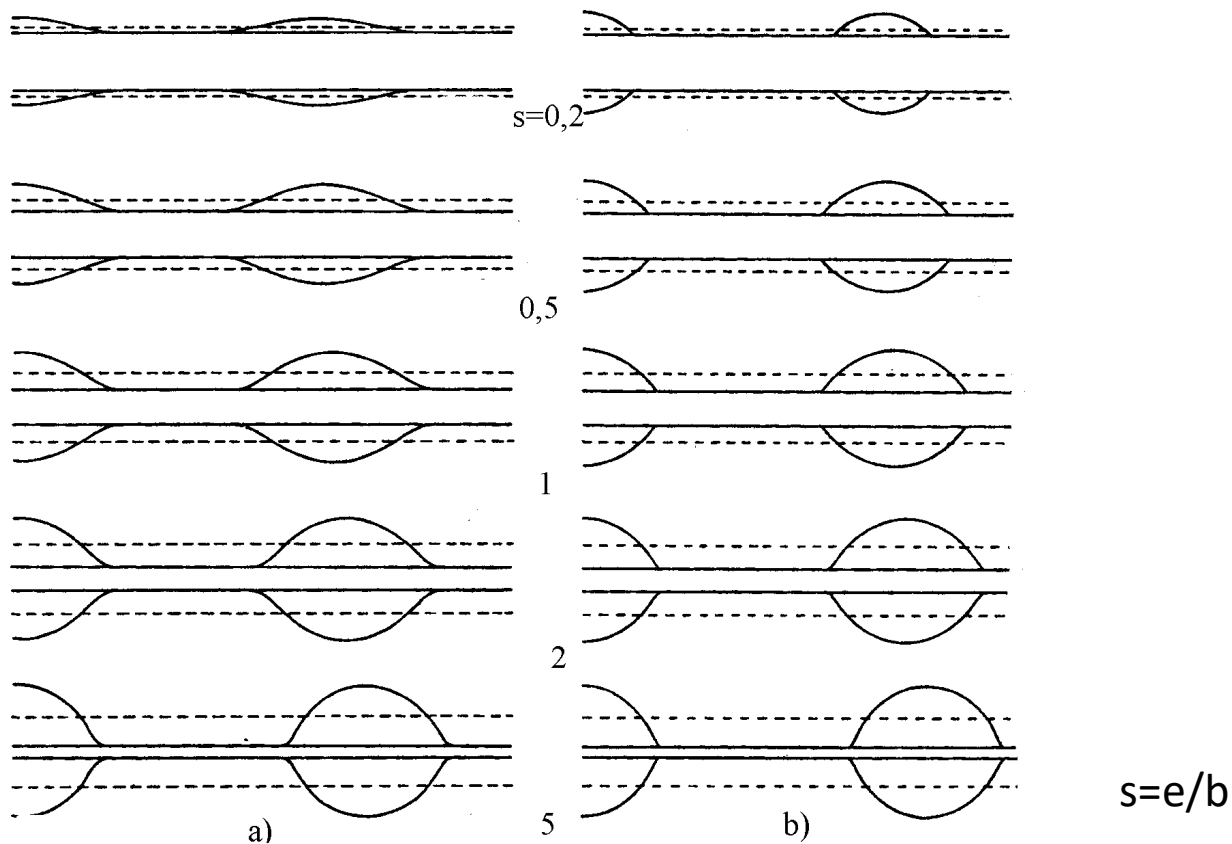


Výsledný tvar kapaliny je jiný než u rozpadu jen kapalinového tělesa.

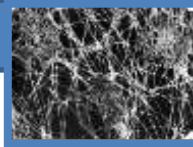
Předpokládáme, že vznikne opět kapalná koule o poloměru  $R$ , ale také kapalinový válec, který pokrývá vlákno, ovšem bude mít jiný průměr než kapalinový válec původní.



Je třeba zdůraznit, že pro různé poměry  $R/b$  se neudržuje konstantní úhel smáčení .



Tvary kapalinových útvarů na vláknech při různých velikostech  $s$ . Úhel smáčení je a)  $=0^\circ$ , b)  $=45^\circ$

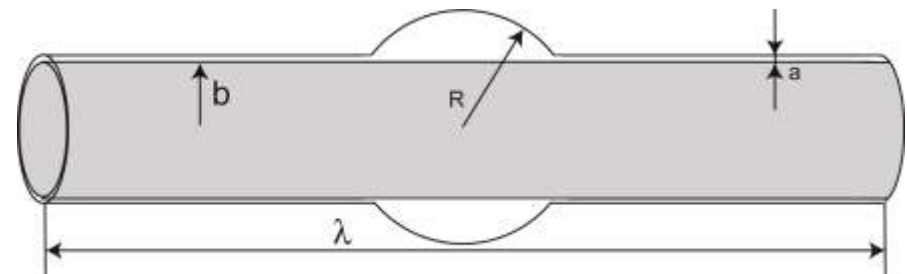
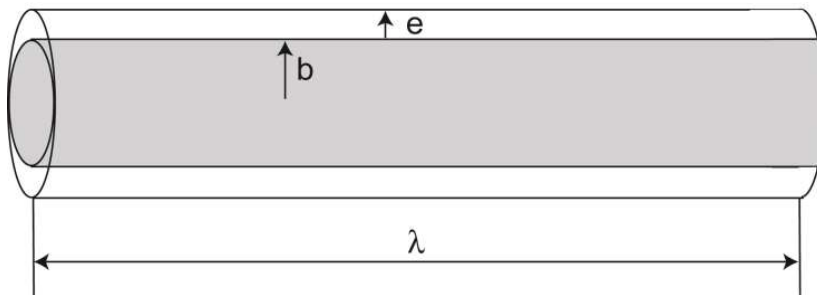


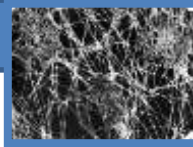
## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne

Z experimentu víme, že jestliže ponoříme vlákno do kapaliny, na vlákne se utvoří kapičky. Tyto kapičky jsou však propojeny mikroskopickým kapalinovým filmem. Jednoduše řečeno, kapalinové těleso umístěné na vlákne je souvislé i potom, co zaujme energeticky nejvýhodnější tvar.

V tomto případě pro objemy platí následující rovnost

$$V_c = V_{cs}$$

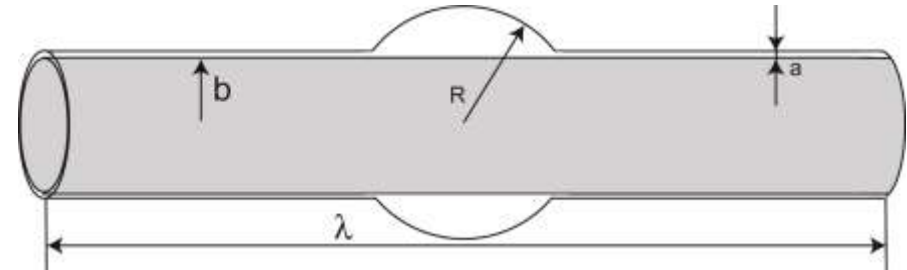
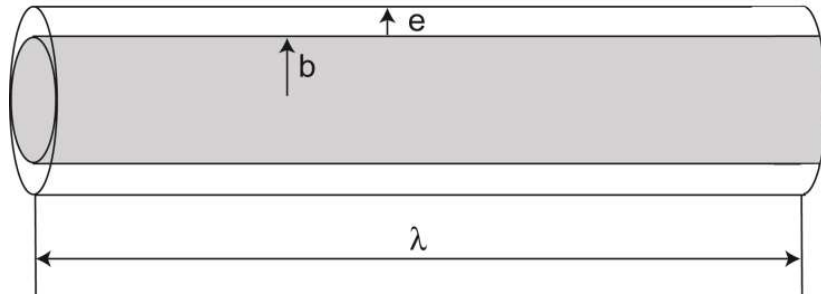




## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne

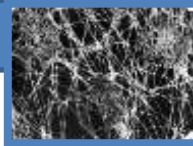
$$V_c = V_{cs}$$

Rovnost objemů kapalinových těles na vlákne



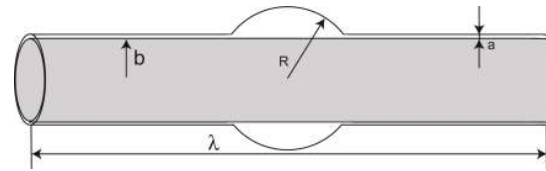
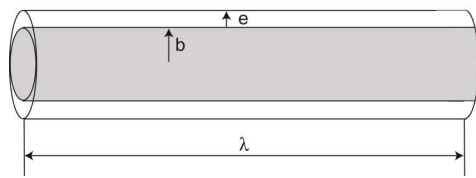
$$\pi(b + e)^2 \lambda = \pi(b + a)^2 (\lambda - 2R) + \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\lambda = 2R \frac{\frac{2}{3} R^2 - (b + a)^2}{(e + b)^2 - (a + b)^2}$$



## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne

$$W_c = W_{cs}$$

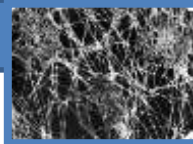


$$W_c = 2\pi(b + e)\lambda\gamma$$

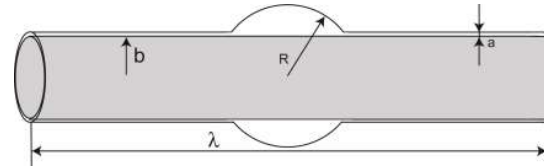
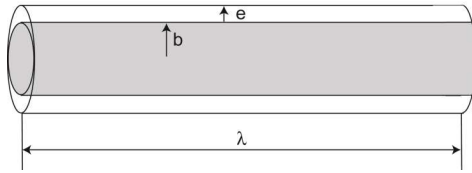
$$W_{cs} = 2\pi(b + a)(\lambda - 2R)\gamma + 4\pi R^2\gamma - 2\pi b^2\gamma$$

$$\lambda = \frac{2R^2 - 2Ra - 2Rb - b^2}{(e - a)}$$





## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne



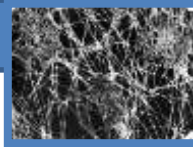
$$W_c = W_{cs}$$

$$\lambda = \frac{2R^2 - 2Ra - 2Rb - b^2}{(e - a)}$$

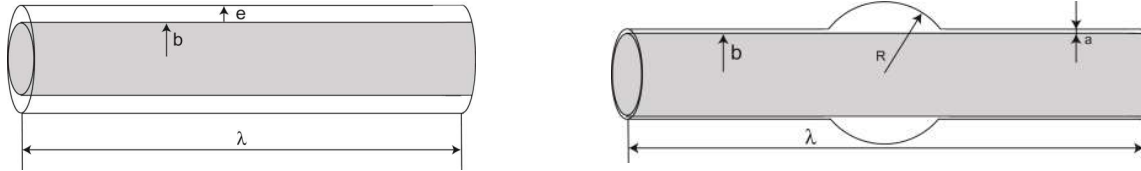
$$V_c = V_{cs}$$

$$\lambda = 2R \frac{\frac{2}{3}R^2 - (b + a)^2}{(e + b)^2 - (a + b)^2}$$

$$\frac{2R^2 - 2Rb - b^2}{e} = 2R \frac{\frac{2}{3}R^2 - b^2}{e^2 + 2be}$$



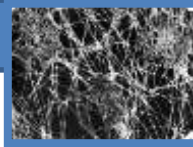
## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne



$$\frac{2R^2 - 2Rb - b^2}{e} = 2R \frac{\frac{2}{3}R^2 - b^2}{e^2 + 2be}$$

Následnými úpravami dojdeme ke zjištění, že pro **e/b** existuje minimální hodnota, pod kterou neexistuje fyzikálně přípustné řešení.

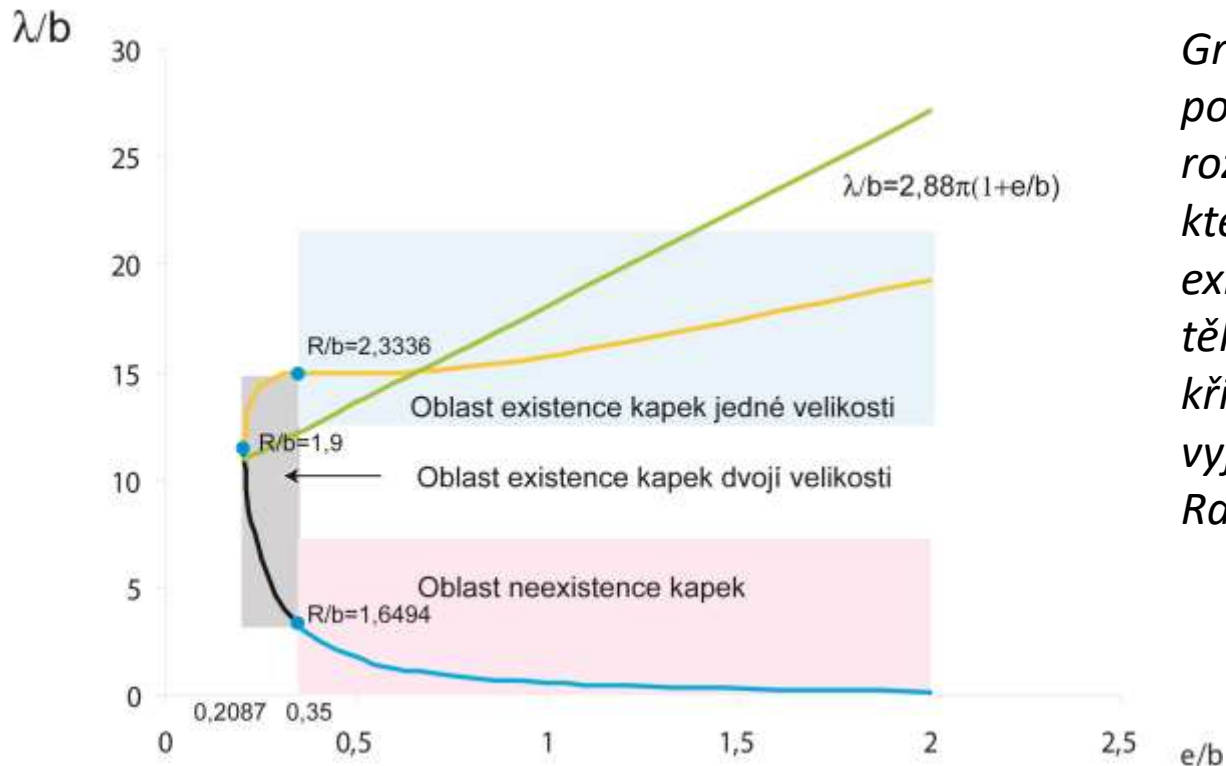
MEZÍ JE HODNOTA  $e/b = 0,2087$



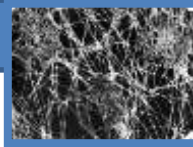
## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne

Následnými úpravami dojdeme ke zjištění, že pro  $e/b$  existuje minimální hodnota, pod kterou neexistuje fyzikálně přípustné řešení.

MEZÍ JE HODNOTA  $e/b = 0,2087$



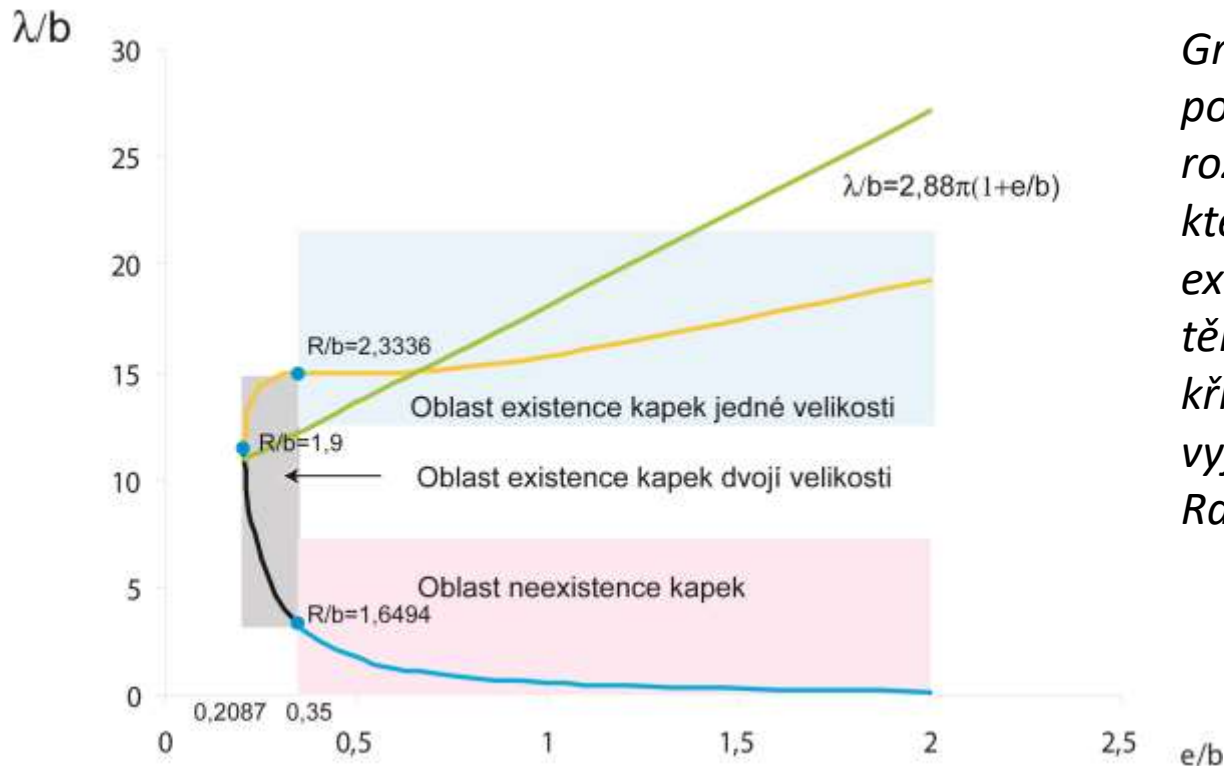
*Graf závislosti  $\lambda/b$  na poměru  $e/b$ . Graf je rozdělen do tří oblastí, které zobrazují možnost existence kapalinových těles na vlákne. Zelená křivka je grafickým vyjádřením závislosti podle Rayleigha.*



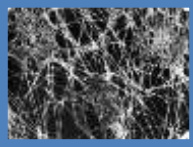
## Řešení nestability kapalinového sloupce umístěného na vlákne

Následnými úpravami dojdeme ke zjištění, že pro  $e/b$  existuje minimální hodnota, pod kterou neexistuje fyzikálně přípustné řešení.

MEZÍ JE HODNOTA  $e/b = 0,2087$



*Graf závislosti  $\lambda/b$  na poměru  $e/b$ . Graf je rozdělen do tří oblastí, které zobrazují možnost existence kapalinových těles na vlákne. Zelená křivka je grafickým vyjádřením závislosti podle Rayleigha.*



Kapalinový film dostatečně tenký, může být stabilizován vlivem krátko dosahových sil.

Chování filmu závisí na poloměru vlákna  $b$  a na rychlosti vyzvednutí vlákna  $v$ .

Pokud je ale tloušťka filmu větší (nad  $1 \mu\text{m}$ ), může se předejít „rozbití“ nestabilního kapalinového pláště držením vlákna ve svislé poloze.

Pokud nastane situace, kdy je vlákno ve vertikální poloze, dochází k pohybu kapalinového filmu směrem k zemi. Tento pohyb je způsobem gravitací.

BROCHARD, F.: Spreading of Liquid Drops on Thin Cylinders: The „manchon/ droplet“ Transition, J.Chem.Phys.84 (8), Apríl 15 1986, 4664.