

6. přednáška

Kapilární délka

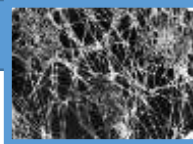
Doc. Ing . Eva Kuželová Košťáková, Ph.D.

Katedra chemie, FP, TUL

Eva.kostakova@tul.cz

Tel.: 48 535 3489

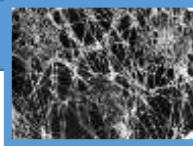
Budova C, 3. patro



TVARY KAPEK (OBJEMY KAPEK)

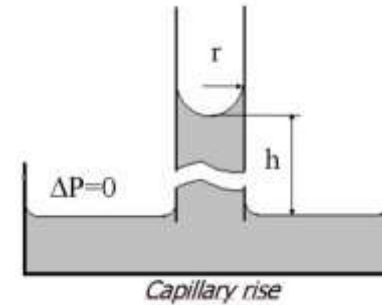


<http://science-life.org/2014/11/13/how-many-h2o-molecules-are-there-in-a-droplet-of-water/>

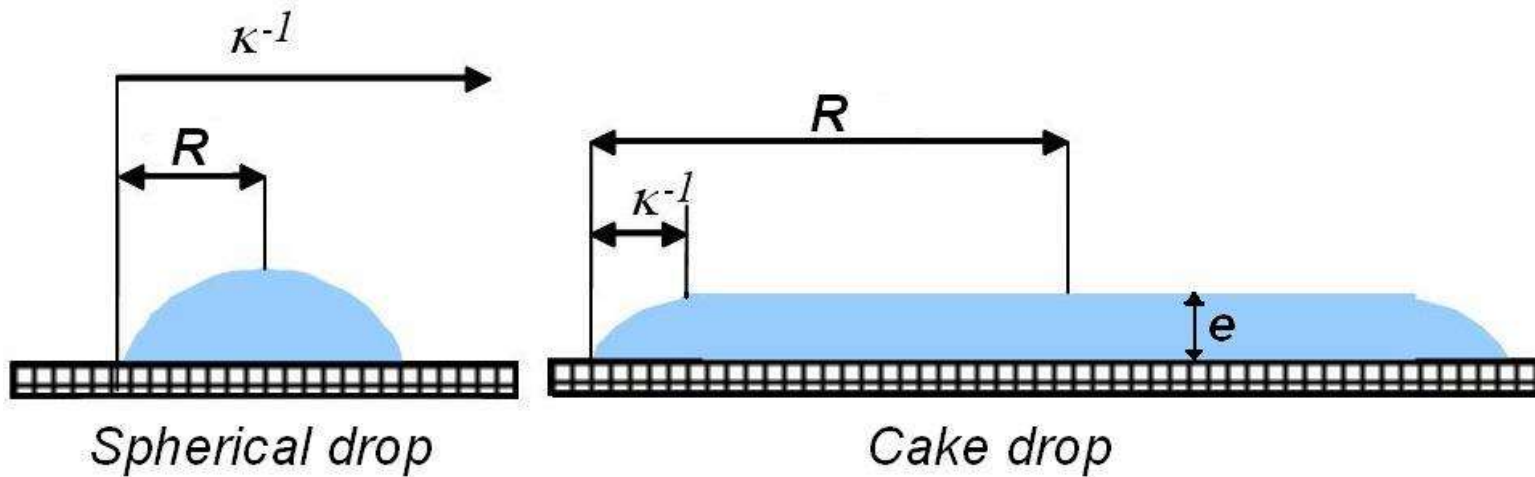


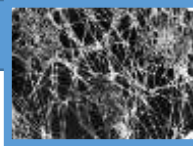
Tvary kapek – kapilární délka

$$\rho g h = \frac{2\gamma}{r} \quad (\kappa^{-1})^2 = \frac{2\gamma}{\rho g} = r h.$$



Scheme of liquid wicking into a cylindrical capillary from a reservoir, where h is height of meniscus above liquid reservoir level and r is capillary radius.

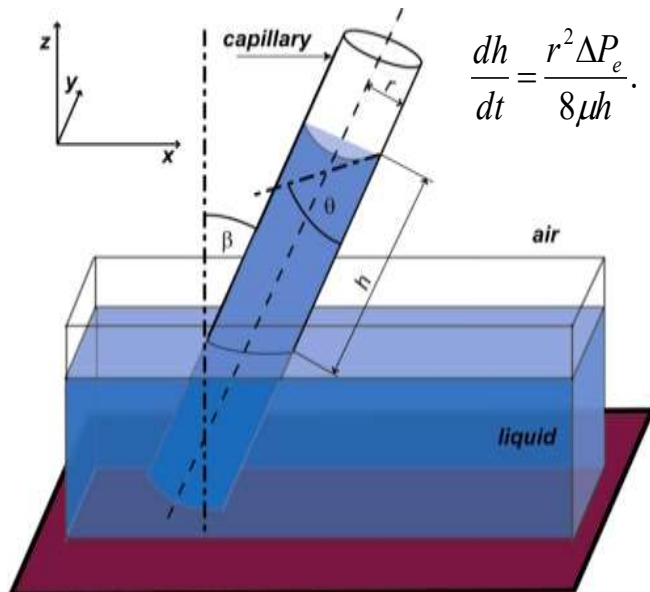


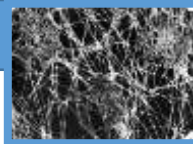


Popis dynamiky pronikání kapaliny do porézních materiálů

CYLINDRICKÁ KAPILÁRA

Lucas-Washburnův vztah
Dynamika pronikání kapaliny do
válcovitých kapilár – různé natočení

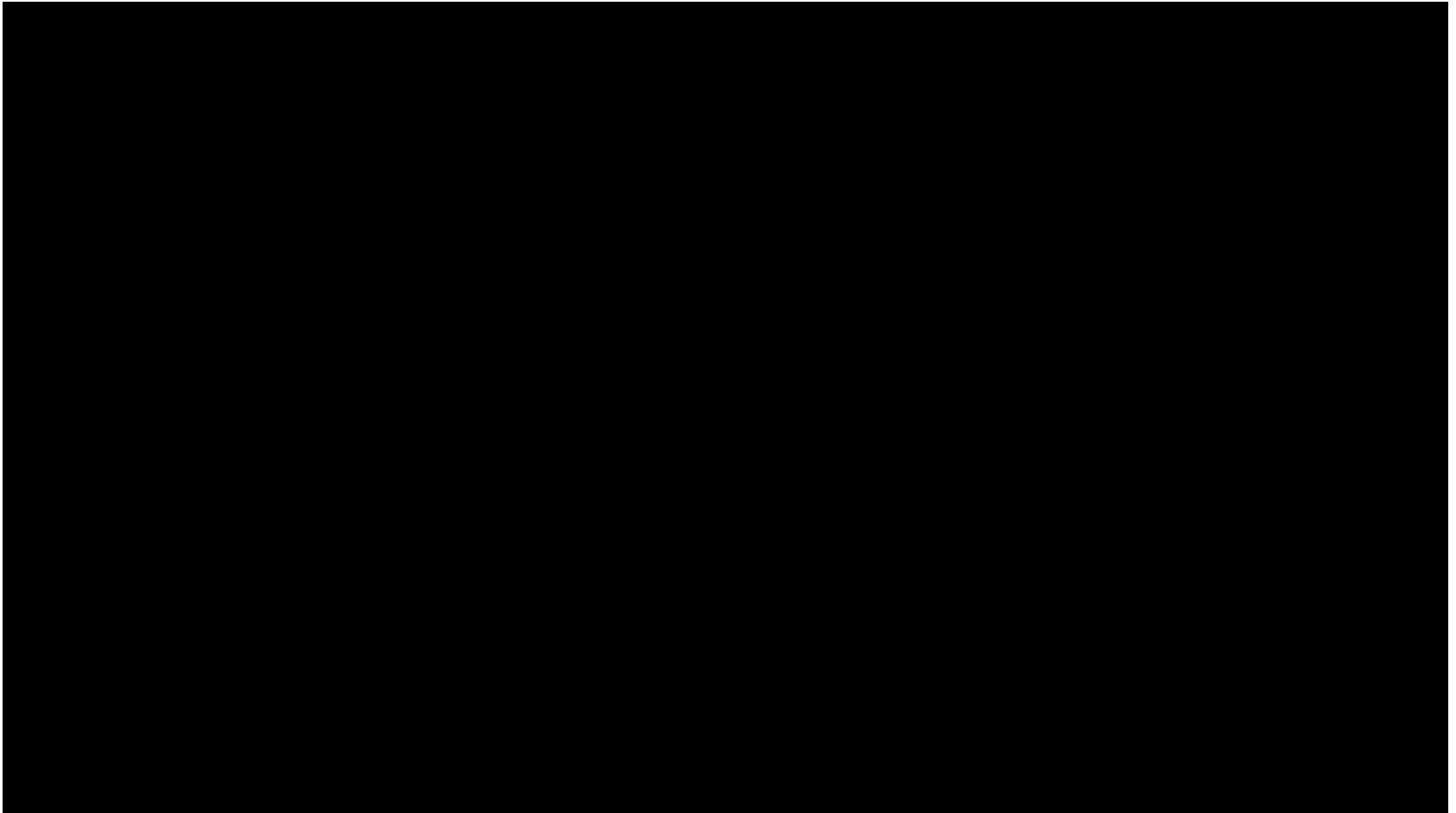


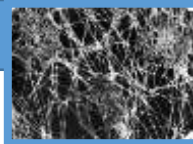


Popis dynamiky pronikání kapaliny do porézních materiálů

V některých konkrétních situacích model válcovité kapiláry nepostačuje

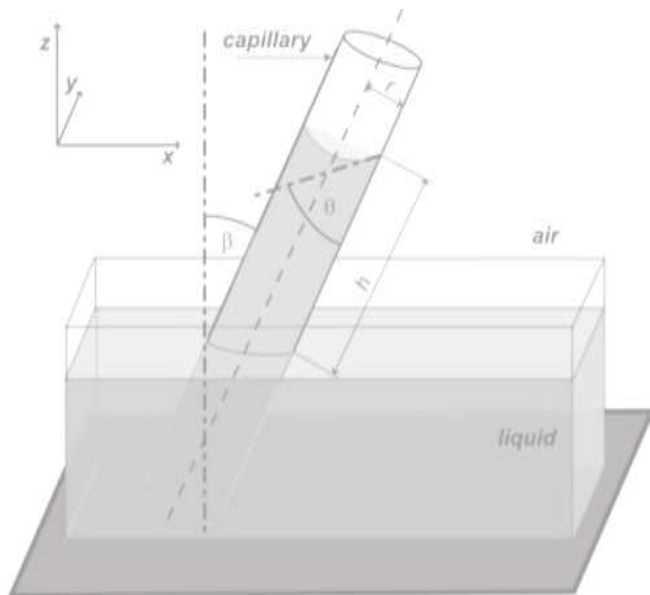
Příkladem je pronikání do tenkých plošných netkaných textilií.





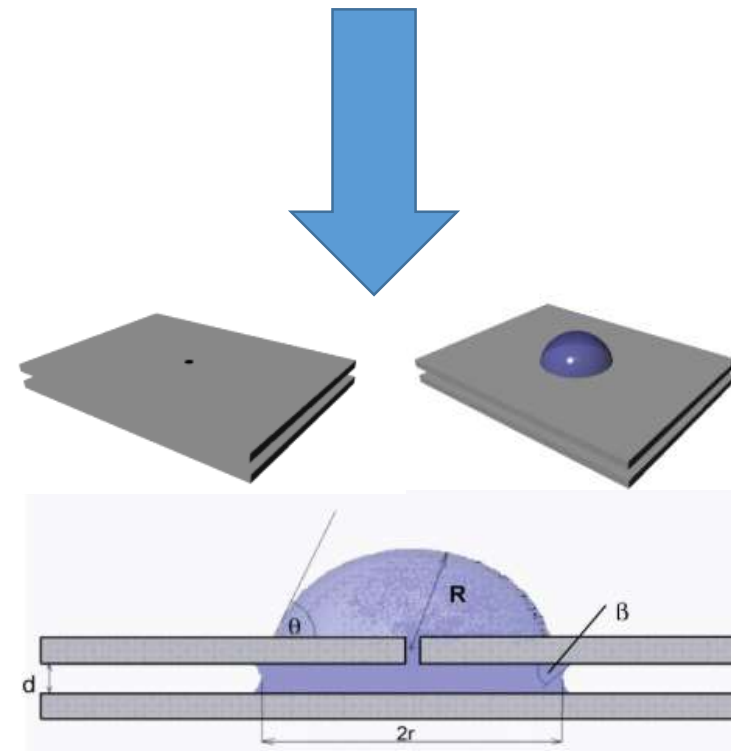
CYLINDRICKÁ KAPILÁRA

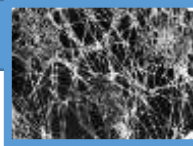
Lucas-Washburnův vztah
Dynamika pronikání kapaliny do
válcovitých kapilár – různé natočení



RADIÁLNÍ KAPILÁRA

Další modelová situace umožňující popis
pronikání kapaliny do tenkých plošných
porézních materiálů – např. netkaných textilií





RADIÁLNÍ KAPILÁRA



[Prof. Abraham Marmur](#) is working at the [Technion, Israel Institute of Technology](#) in Haifa, Israel. His research interest cover a broad range of interfacial and colloidal phenomena, in particular wetting, adhesion and capillarity, contact angle theory and measurement, ultra-hydrophobic surfaces, spreading on surfaces: relationship between adhesion and wetting, capillary penetration into porous media, wetting and dispersions of powders; liquid dispersions and emulsion stability.

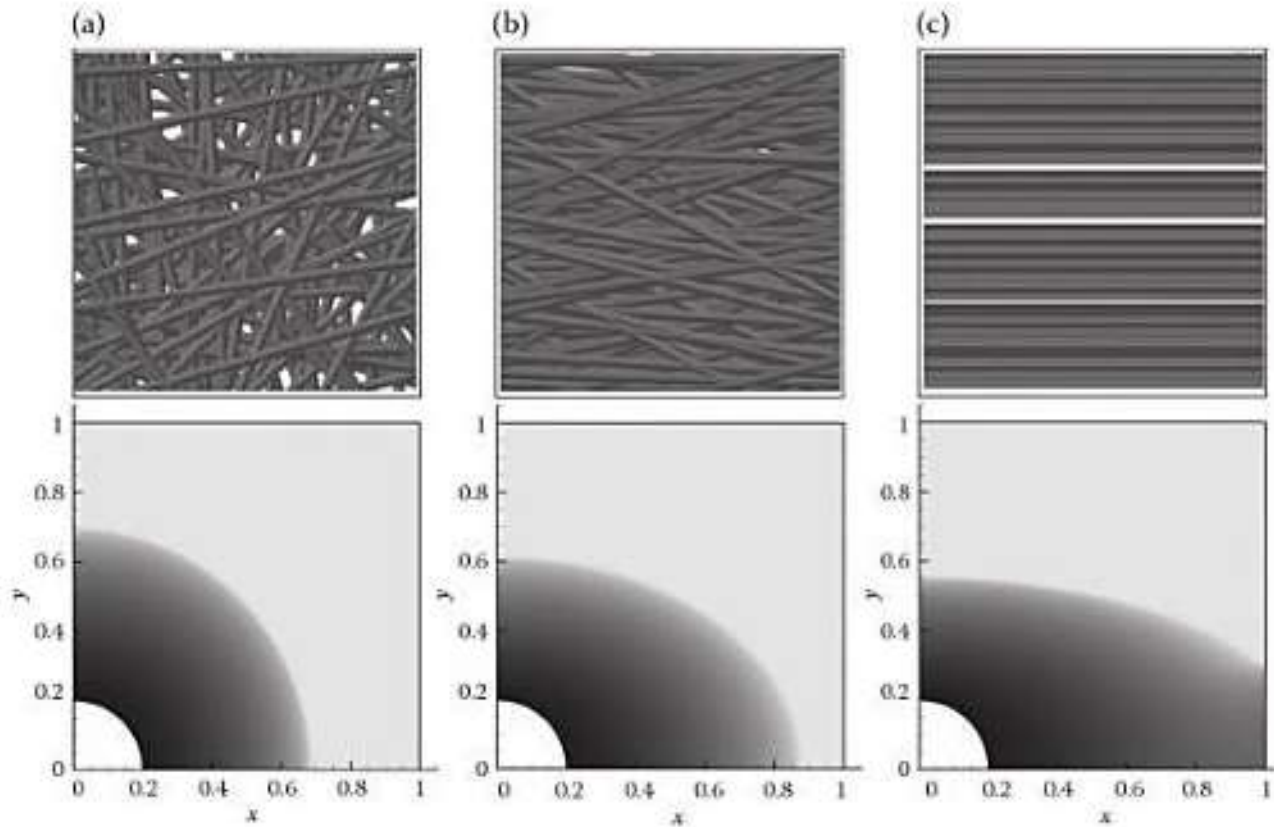
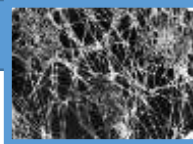
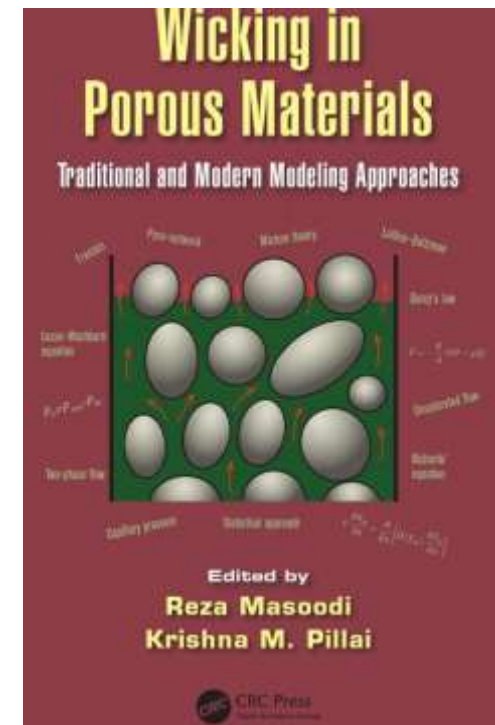
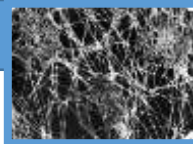


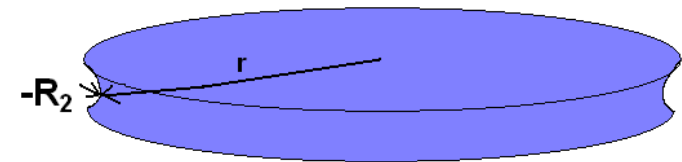
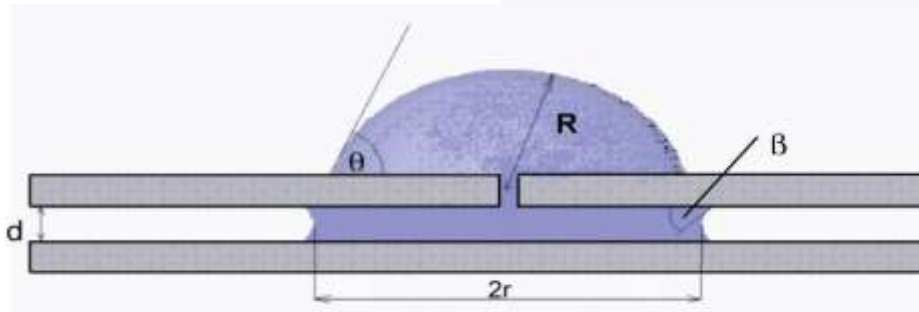
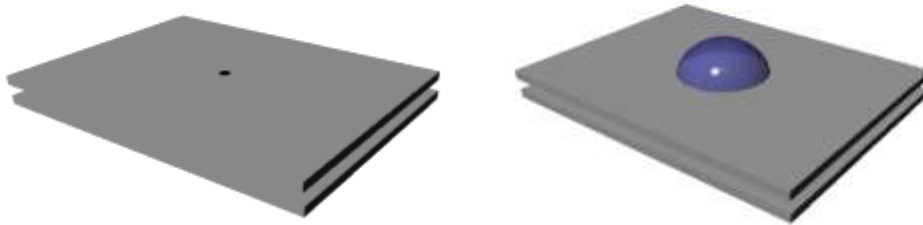
FIGURE 6.10

Comparison of water-absorption properties between thin fibrous sheets varying only in the orientation of their fibers. All have an SVF of 10% and a fiber diameter of 15 μm , surface tension of 0.7275 N/m, and contact angle of 60 degrees. Fiber orientations are as follows: (a) layered, with random in-plane fibers; (b) layered, with machine-directional fibers favoring the x-direction (standard deviation from x-axis of 22.5 degrees); and (c) unidirectional fibers, all in the x-direction. The simulation time for all three sheets is 0.91 s. (From Ashari, A et al. 2010a. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 53, 1750.)

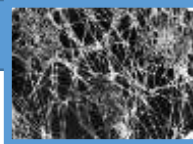




RADIÁLNÍ KAPILÁRA

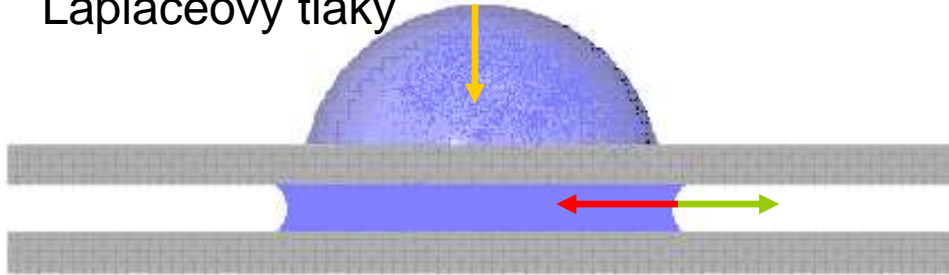


The radial capillary model is presented on the left side, where θ is outside contact angle; R is radius of the outside drop part; β is contact angle inside the radial capillary and r is the radius of liquid shape inside the radial capillary. The liquid body with the first r and the second $-R_2 = d/(2 \cos \theta)$ radii of curvature inside the radial capillary is on the right side.



RADIÁLNÍ KAPILÁRA

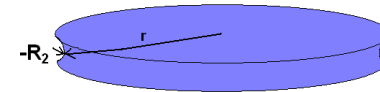
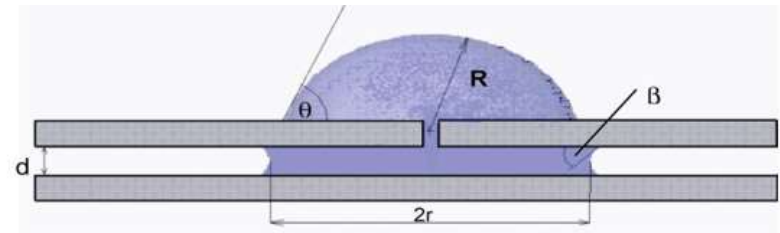
Laplaceovy tlaky



$$\gamma(2/R)$$

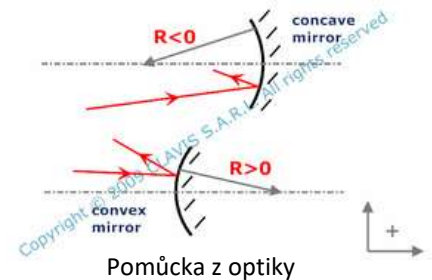
$$\gamma(2\cos\theta/d)$$

$$\gamma(1/r)$$



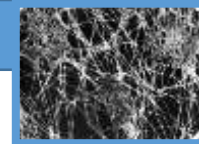
Scheme of Laplace pressure's actions inside a liquid body penetrating into the radial capillary leading to a condition of spontaneous penetration of liquid drop into the radial capillary.

Schematické naznačení působení Laplaceova tlaku uvnitř kapalinového tělesa pronikajícího do radiální kapiláry. Z těchto odvození lze pak jednoduše odvodit podmínku spontánního pronikání kapaliny do radiální kapiláry.



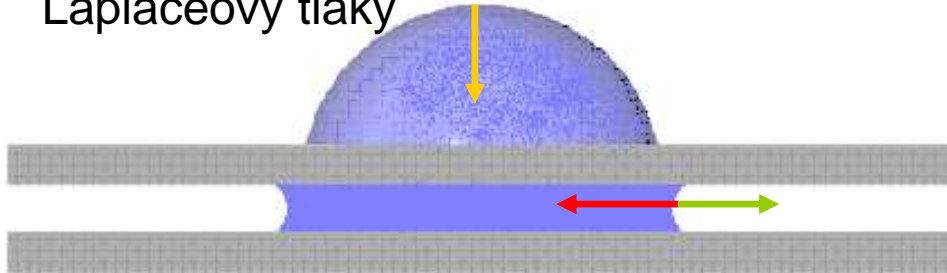
PODMÍNKA **SPONTÁNNÍHO PRONIKÁNÍ** KAPKY DO RADIÁLNÍ KAPILÁRY VYCHÁZÍ Z TĚCHTO VZTAHŮ

$$p_1 - p_2 > 0$$



RADIÁLNÍ KAPILÁRA

Laplaceovy tlaky



$$\gamma(2/R)$$

$$\gamma(2\cos\theta/d)$$

$$\gamma(1/r)$$

Scheme of Laplace pressure's actions inside a liquid body penetrating into the radial capillary leading to a condition of spontaneous penetration of liquid drop into the radial capillary.

PODMÍNKA SPONTÁNNÍHO PRONIKÁNÍ KAPKY DO RADIÁLNÍ KAPILÁRY VYCHÁZÍ Z TĚCHTO VZTAHŮ

$$p_1 - p_2 > 0$$

$$p_1 = \frac{2\gamma}{R}$$

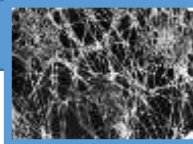
$$p_2 = \gamma \left(\frac{1}{r} - \frac{2\cos\theta}{d} \right)$$

$$r > \frac{d}{2\cos\theta + \frac{2d}{R}}$$

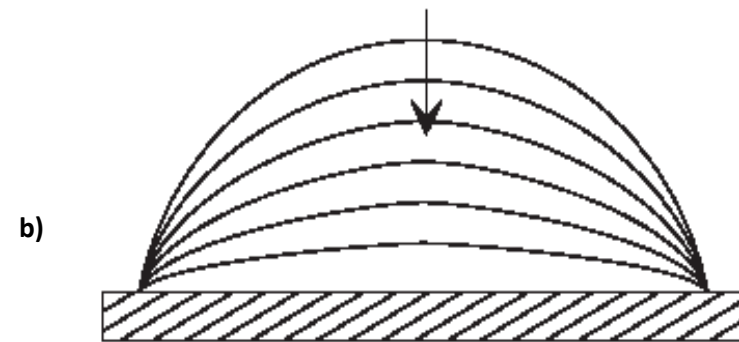
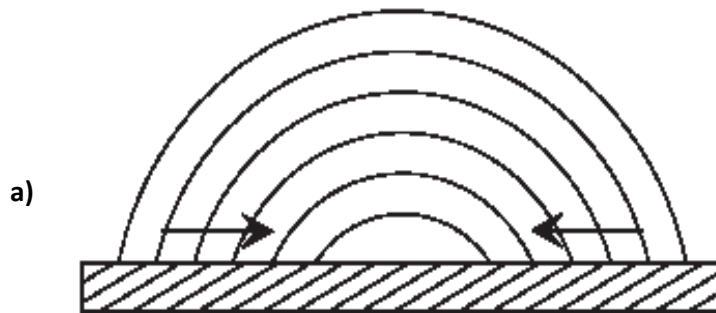
$$r_p = \frac{d}{2\cos\theta + \frac{2d}{R}}$$

kde r_p je nejmenší poloměr r který dovoluje spontánní pronikání kapaliny do radiální kapiláry.

Poloměr r_p je nazýván "priming radius".



RADIÁLNÍ KAPILÁRA a pronikání kapek do porézních materiálů



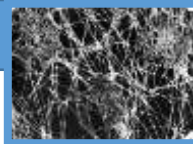
Dva limitní případy pronikání sférických kapek do porézních materiálů:

OTEVŘENÝ REŽIM

UZAVŘENÝ REŽIM

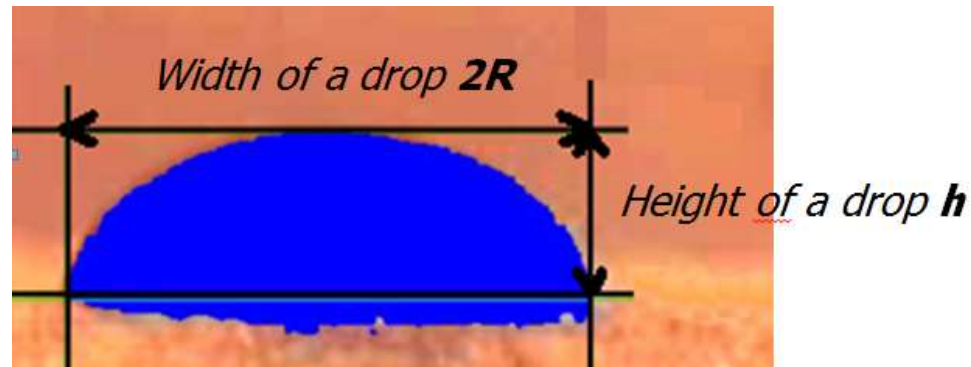
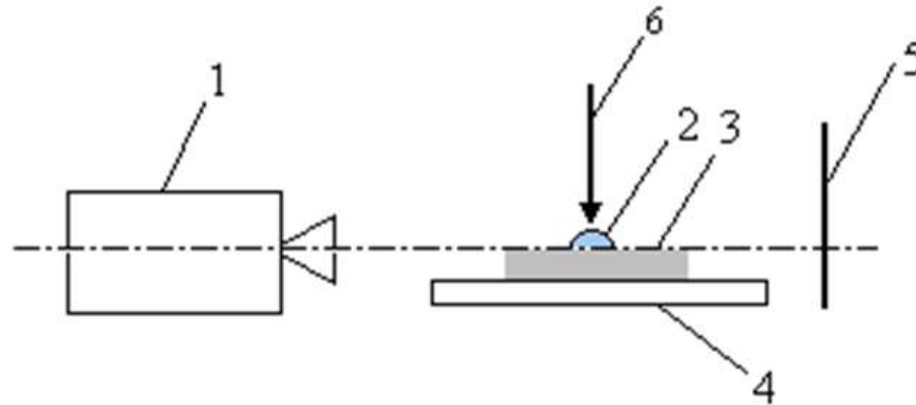
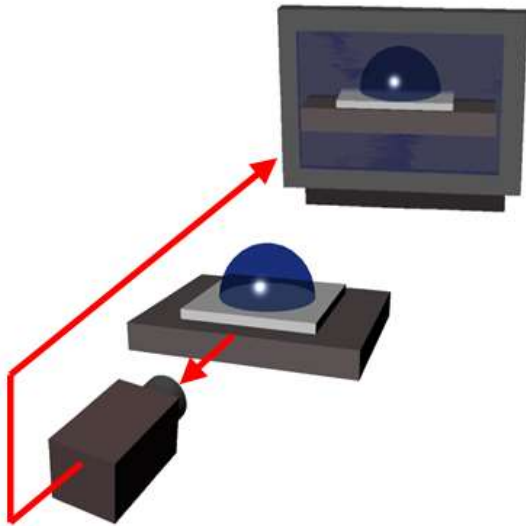
$\theta = konst.$
 $R \neq konst.; R \downarrow$

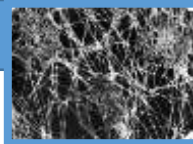
$\theta \neq konst.; \theta \downarrow$
 $R = konst.$



RADIÁLNÍ KAPILÁRA

- Příklad - Pronikání do NT



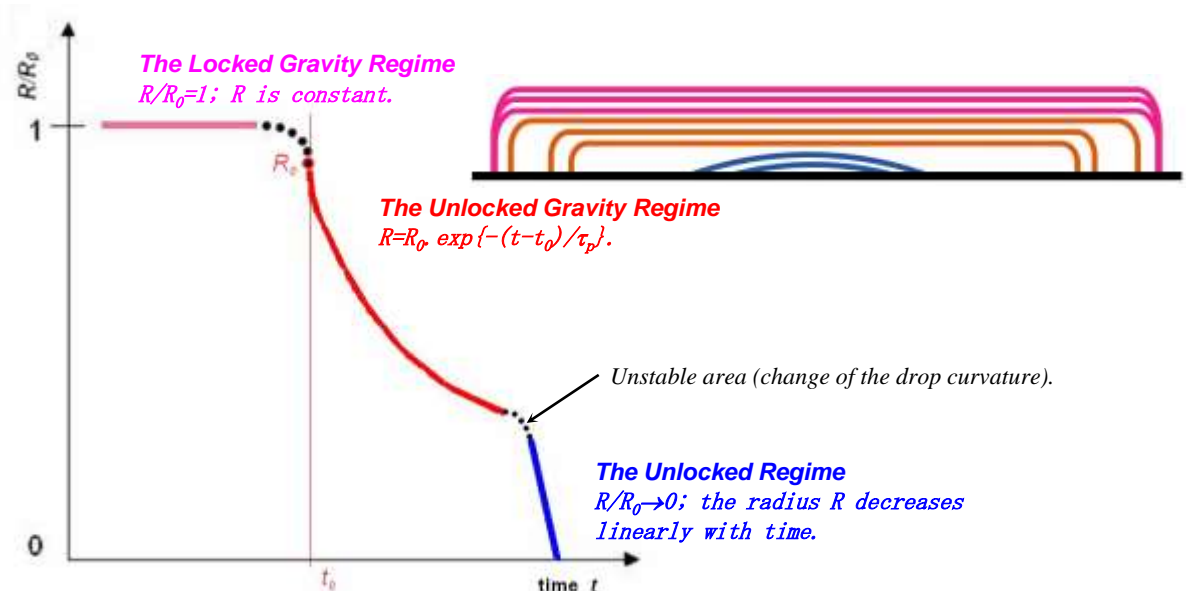
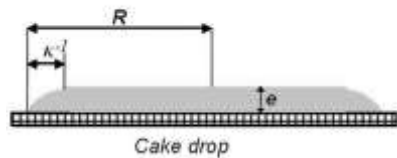
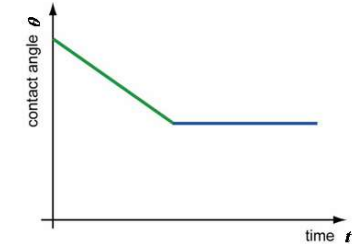
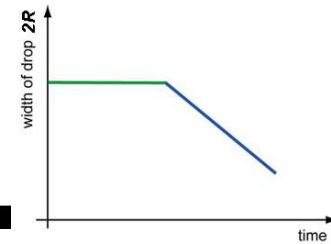
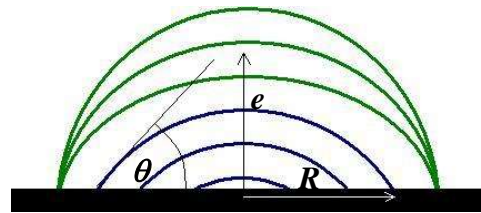
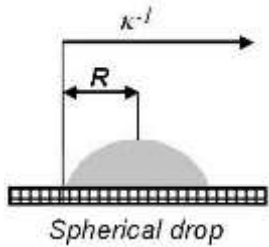


RADIÁLNÍ KAPILÁRA

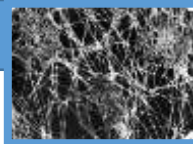
Příklad - Pronikání do NT

Modelová uspořádání jako teoretický úvod do problematiky x experiment s NT

c) Tvary kapek + d) Pronikání kapek do porézních materiálů

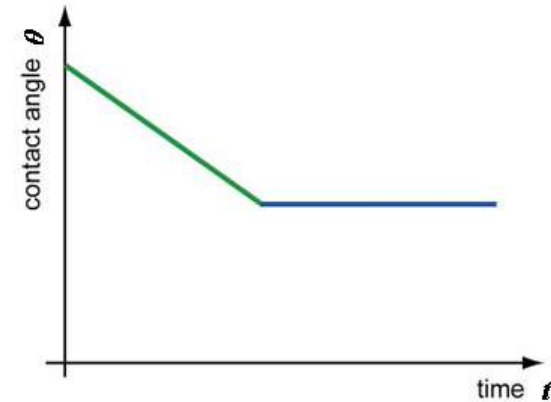
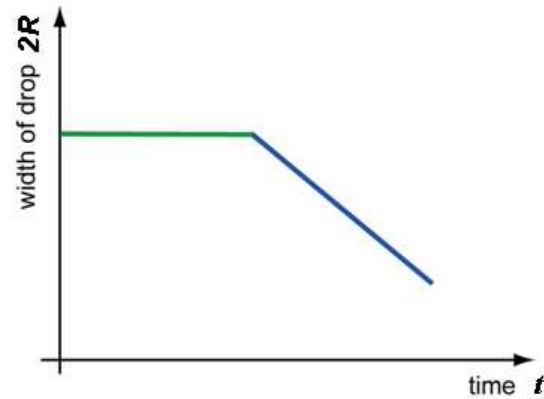
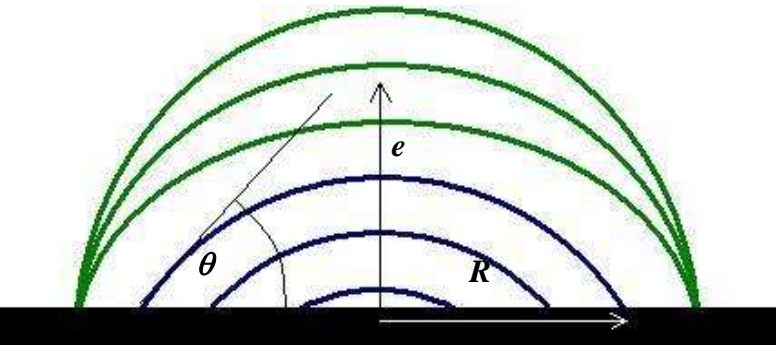


Bacri, L., Brochard-Wyart, F.: Droplet suction on porous media, The European Physical J. E, Vol. 3 (2000)



RADIÁLNÍ KAPILÁRA

Příklad - Pronikání do NT



Sférická kapka pronikající do NT == postupná kombinace obou režimů