

# Laboratorní cvičení z fyziky

Název:	Kapilární jevy
Vypracoval:	Anežka Čapková
Datum:	11. 10. 2020

## ① Úkol č. 1

### ZADÁNÍ ÚKOLU

Pomocí připravených pomůcek demonstrujte kapilární jevy.

### POMŮCKY

dvě mističky, míchátko (špejle, lžička...), potravinové barvivo, voda, kuchyňské papírové utěrky

### POSTUP

(1) Do jedné z připravených misek nalijeme vodu a v ní za pomoci míchátko rozpustíme potravinářské barvivo.



(2) Papírovou utěrku srolujeme.



(3) Jeden konec papírové utěrky ponoříme do misky s obarvenou vodou, druhý konec do prázdné misky.



(4) Přibližně 5 minut sledujeme probíhající jev.



### VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Úkol č. 1 je názornou demonstrací kapilárních jevů, které jsou přímým důsledkem povrchového

napětí

elevaci

. V tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_, neboť použitou

kapalinou je voda, která smáčí stěnu nádoby. Jevem opačným je kapilární

deprese

nesmáčí

, jež se projevuje u kapalin, které \_\_\_\_\_ stěnu nádoby.

## ② Úkol č. 2

### ZADÁNÍ ÚKOLU

Za použití vhodných pomůcek demonstrujte kapilární elevaci v tenké skleněné trubičce, kapilaritu popište pomocí vám známým fyzikálních veličin.

### POMŮCKY

skleněná nádoba, voda, skleněná kapilára, pravítko, hypermangan, míchátko, velká jehla, mikrometr, lepicí páska, barevná izolepa

### POSTUP

(1) Do tenké skleněné kapiláry velmi opatrně zasuneme jehlu.



(2) Místo na jehle, po které ji bylo možné zasunout do kapiláry, označíme barevnou izolepou.



(3) Jehlu opatrně vytáhneme z kapiláry a v místě označení změříme její průměr  $d$  mikrometrem.



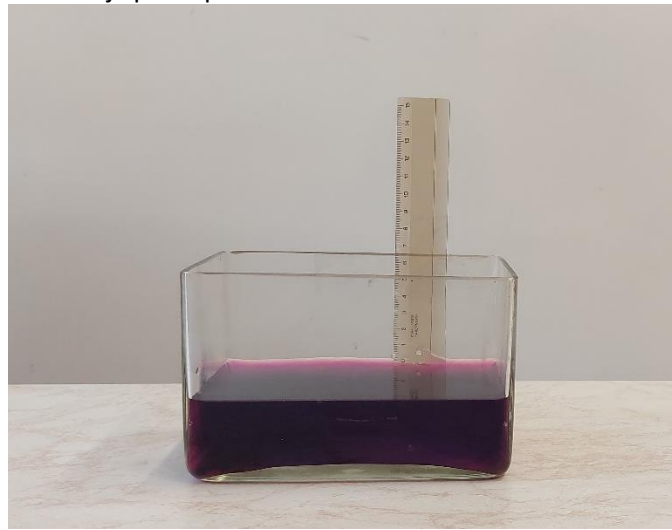
(4) Do skleněné nádoby nalijeme do výšky několika centimetrů vodu. Pomocí lepicí pásky ke stěně nádoby přilepíme pravítko tak, aby nula na pravítku odpovídala úrovni hladiny.



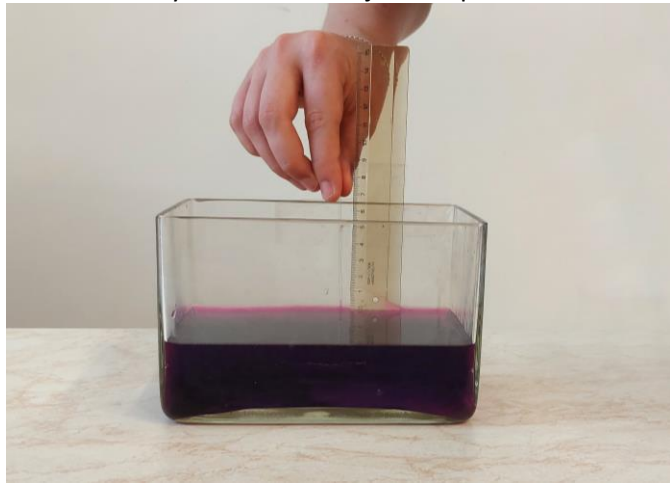
(5) Do připravené nádoby s vodou nasypeme trochu hypermanganu (hypermangan baví velmi intenzivně, a proto jej přidáváme velmi opatrně).



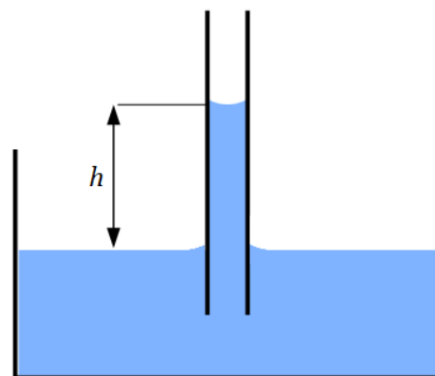
(6) Míchátkem rozvíváme kapalinu tak, aby se hypermangan co nejlépe rozpustil.



(7) Do obarvené vody zasuneme těsně vedle měřítka tenkou skleněnou kapiláru. Zasouváme ji opatrně, do hloubky asi 2 cm. Sledujeme kapilární elevaci.



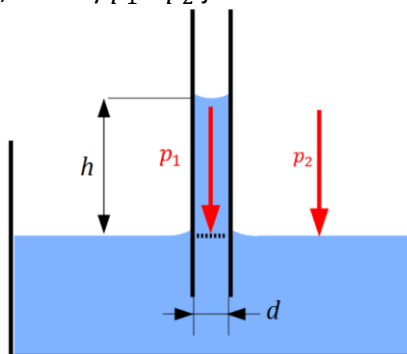
(8) Jakmile se elevace ustálí, odečteme na pravítku výšku  $h$ . Jedná se o rozdíl hladiny v kapiláře a volné hladiny v nádobě.



### VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Úkol č. 2 je analogií úkolu č. 1. Díky tomu, že jsme tentokrát použili skleněnou kapiláru, jsme schopni daný jev přesně popsat.

Při pohledu na obrázek je zřejmé, že tlaky  $p_1$  a  $p_2$  jsou v rovnováze.



Pro tlak  $p_1$  platí  $p_1 = p_a + p_k + p_h$ , kde  $p_a$  je atmosférický tlak, jehož hodnota za normálních podmínek činí  $p_a = \underline{101\,325}$  Pa,  $p_k$  je tlak kapilární, pro který u smáčejících kapalin platí  $p_k = -\frac{4\sigma}{d}$ , a  $p_h$  je hydrostatický

tlak, pro který platí  $p_h = \underline{h\rho g}$ . Význam veličin  $d$  a  $h$  je nám znám z průběhu měření,

$\rho_k$  je hustota použité kapaliny (pro vodu  $\rho_k = \underline{997}$  kg · m<sup>-3</sup>) a  $g = 9,81$  m · s<sup>-2</sup> je tíhové zrychlení.

Veličina  $\sigma$  se nazývá povrchové napětí.

Tlak  $p_2$  je roven jen a pouze tlaku atmosférickému.

Do rovnosti tlaků  $p_1 = p_2$  dosadíme

$$p_a + p_k + p_h = p_a,$$

odtud pak vidíme rovnost

$$p_h = -p_k.$$

Po dosazení za  $p_h$  a  $p_k$  vyjádříme  $\sigma$  jako

$$\sigma = \underline{\frac{h\rho g d}{4}}.$$

Vnitřní průměr kapiláry byl stanoven  $d = 0,00112$  m a kapalina v trubici vystoupala do výšky  $h = 0,022$  m. Dosadíme-li tyto hodnoty do odvozeného vzorce pro povrchové napětí, získáváme hodnotu  $\sigma = 0,06025$  N · m<sup>-1</sup>.

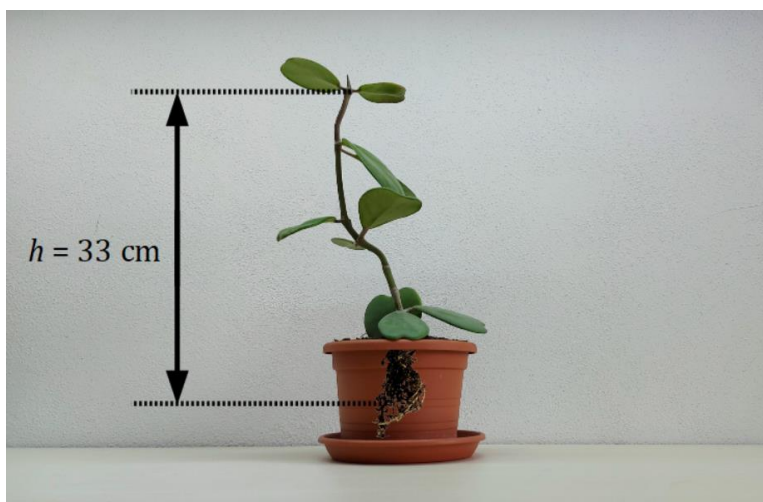
Tato hodnota je nižší než tabulková hodnota. Domnívám se, že je to způsobeno tím, že hypermangan mírně ovlivnil povrchové napětí vody, navíc mohl nepatrně znečistit povrch kapiláry nebo nádoby. Ani měření výšky nebylo úplně přesné.

### ③ Úkol č. 3

#### ZADÁNÍ ÚKOLU

Kapilární elevaci využívají rostliny pro získávání vody půdy. Na základě znalostí získaných v minulém úkolu vypočtete, jaký vnitřní průměr musí mít kapilára v xylému uvnitř rostliny, aby voda vystoupala od zóny aktivních kořenových vlásků (asi několik centimetrů od kořenové špičky), kterou rostlina nasává vodu, až k jednomu z vrchních listů. Pro výpočet užitě údaje z obrázku rostliny Hoya Kerrii, který je uveden níže.

#### NÁKRES



#### VÝPOČET A ZÁVĚR

V předchozím úkolu jsme pro povrchové napětí odvodili vzorec

$$\sigma = \frac{h \rho g d}{4}$$

Když odtud vyjádříme vnitřní průměr  $d$ , získáváme

$$d = \frac{4\sigma}{h \rho g}$$

Po dosazení konkrétních hodnot zjišťujeme, že vnitřní průměr kapiláry musí být maximálně

$$d = 9,016 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 90 \text{ } \mu\text{m}$$

Z obrázku je zřejmá skutečnost, která nám v úkolu č. 2 mohla uniknout. Všimneme-li si tvaru rostliny na obrázku, mělo by nám dojít, že při kapilární elevaci nezáleží na tom, jestli je kapilára rovná. Je to důsledkem toho, že hydrostatický tlak uvnitř kapiláry taktéž nezávisí na jejím tvaru, tomuto jevu se ve fyzice říká hydrostatický paradox.



## ④ Úkol č. 4

### ZADÁNÍ ÚKOLU

V předchozím úkolu bylo vyřčeno tvrzení, že listy rostlin přijímají vodu pomocí kapilár uvnitř xylému. Je vhodné toto tvrzení dokázat. Na základě obarvení řapíkatého celeru se o to pokuste.

Tento pokus je bohužel časově náročný, nelze jej provést najednou, jedná se o pokus dlouhodobý. Jeho vyhodnocení je možné udělat až druhý den.

### POMŮCKY

sklenička, voda, červené potravinářské barvivo (lze užít i jiné, ale červené je nejlépe pozorovatelné), míchátko (špejle, lžička...), stonek řapíkatého celeru s listy, nůž, papírové utěrky

### POSTUP

(1) Ve sklenici s vodou pečlivě rozmícháme potravinářské barvivo.



(2) Do připravené obarvené vody umístíme stonek řapíkatého celeru tak, aby listy nebyly ve vodě namočený.



(3) Pokus nechte probíhat do druhého dne.



(4) Druhý den si povšimneme, že došlo k obarvení listů.



(5) Vyjmeme řapíkatý celer z vody a osušíme ho. Pracujeme opatrně, abychom se nezamazali od barvy.



(6) Pomocí nože kus stoku odřízneme a pozorujeme vzniklý řez.



#### ZÁVĚR

Tento úkol skutečně potvrzuje, že rostliny přijímají vodu pomocí kapilár,  
které jsou po provedení experimentu na řezu dobře viditelné.