

20. ročník, úloha IV. P ... mastný papír (5 bodů; průměr 2,06; řešilo 16 studentů)

Jistě jste se již setkali s tím, když kapka oleje ukápla na papír. Z bílého papíru se rázem stal papír průsvitný. Vysvětlete, čím to je. Najděte ve svém životě případy, kdy se uplatňuje stejný jev, avšak třeba v úplně jiné situaci.

Na problém narazil Peter Zalom při čtení o sněhových vločkách.

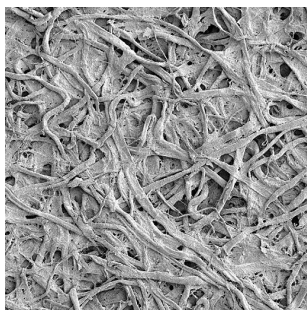
Právě teď se díváte na pokus o vyřešení záhady mastného papíru, a pokud zrovna nebrouzdáte po stránce FYKOSu, díváte se na bílý papír s černými písmeny. Jednoduše řečeno s papírem přicházíme tak často do styku, že si toho ani nevšimáme. Jenomže tentokrát bude právě papír v centru dění. Proto se připoutejte a nezamastěte si brožurky.

Celulóza (pod starším názvem těž buničina) je polysacharid sestávající se z beta-glukósy. Mezi samotnými glukosovými jednotkami je vazba beta 1,4. Takto tvoří celulóza dlouhé a nerozvětvené řetězce, které jsou zcela nerozpustné ve vodě. Vyrábí se ze dřeva odstraněním ostatních složek (lignin, hemicelulosa aj.). A proč nás zajímá právě celulóza? Protože je také mimo jiné základní surovinou na výrobu papíru. Jenomže ten má od téhle substance (celulózy) hodně daleko. Takže jak získáme krásný bílý papír?

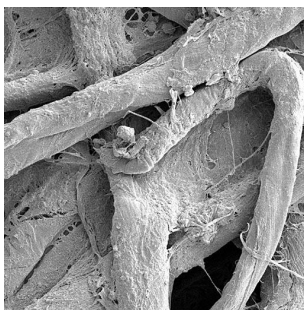
Poměrně jednoduše, můžeme si ho dokonce vyrobit vlastnoručně. Jako surovinu na výrobu můžeme použít průmyslově vyráběnou bělenou sulfátovou buničinu z jehličnanů. Následně celulózu pomeleme pomocí holandru (což je přístroj vhodný k tomuto účelu). Mletím se mimo jiné zkrátí vlákna, uvolní se fibrily z povrchu vlákna a jako vedlejší účinek se často objevuje komprese nebo prodloužení ve směru osy vlákna, zploštění a zkroucení vláken. Pomletou buničinu zředíme vodou a dobře promícháme, aby byla výsledná substance co nejvíce homogenní.

V následujícím kroku budeme potřebovat síto vhodného tvaru (zejména jeho otvory nesmějí být moc velké a síto by mělo být rovné). Síto následně ponoříme do této homogenní hmoty a třeseme s ním, až se zbavíme veškerého přebytečného odpadu. Třesením se také uspořádají vlákna a část vody oteče skrz síto. Síto přikryjeme (nejlépe vlnitým sukem, které nasaje další část vody), překlopíme a znovu přikryjeme textilí. Přebytečné vody se zbavíme pomocí válečku. Pak to celé slisujeme, usušíme a papír je na světě.¹

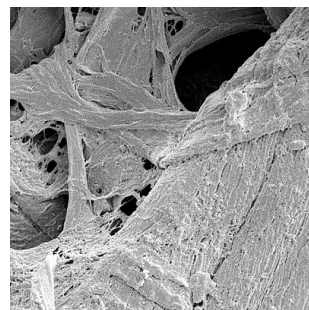
Výsledkem je papír, který zblízka vypadá jako na následujících obrázcích:



Obr. 1. Zvětšeno 100×.



Obr. 2. Zvětšeno 1000×.



Obr. 3. Zvětšeno 2500×.

Vidíme tedy, že papír rozhodně není homogenní, spíše se skládá z nespočteného množství do sebe spletených vláken celulózy. Mezi nimi je však poměrně veliký prostor a ten bude hrát v našem zdůvodnění záhady mastného papíru podstatnou roli.

¹⁾ Tohle jsme si ještě osobně nevyzkoušeli, ale podrobnosti včetně barevných fotek najdete na stránce: <http://www.obnova.sk/modules.php?name=clanky&file=clanok&sid=1998>.

Předem si však shrneme pár velmi důležitých postřehů. Mastný papír je průsvitný. Papír vodu moc dobře nesaje. Navzdory tomu, když ho dostatečně navlhčíme, je také průsvitný. Když je papír mokrá, tak se velice snadno trhá. Mastnotu z papíru již tak lehce nedostaneme (proto také nejíme nad řešením FYKOSu). Voda se z mokrého papíru rychle odpaří, čímž je papír opět neprůsvitný a obvykle se výrazně zkroutí. To dokazuje, že v přítomnosti vody mají vlákna tendenci zkroutit se. Nic podobného však nepozorujeme na mastném papíru. Také je evidentní, že v mastném ani vlhkém papíru nedochází k žádné chemické reakci (minimálně se nejedná o tutéž reakci). Nanejvýš dochází k oslabení vazeb mezi vlákny (důsledkem toho se může papír rozložit na samotná vlákna).

Co se tedy stane, když posvítíme na obyčejný papír? Mezery mezi vlákny papíru jsou velmi malé. Když na sebe uložíme více takových vrstev, pak světlo nemůže projít skrz papír jenom tak. V cestě mu bude téměř vždy stát nějaké to vlákno, které ho rozptýlí do všech směrů. Jenom zlomek světla projde, dojde k difúzi světla (proto je rozptýlené světlo bílé, resp. papír je bílý, ač toto závisí také na přidaných barvivech). Papír, jenž je sám o sobě poměrně tenký, tedy není úplně neprůsvitný.

Jiná situace nastane, když jsou mezery vyplněné olejem nebo vodou. Vlákna celulózy jsou nesmáčivá jak vodou, tak i olejem, proto se rozhraní mezi olejem nebo vodou v papíře a vlákny vyhladí. To je něco velice podobného, jako když namočíme tabuli. Ta je pak tmavší, ale pod jistým úhlem odráží více světla a je světlejší. V případě světla tedy vyhlazení povrchu uvnitř papíru vede k tomu, že světlo, které se šíří olejem, bude častěji odraženo takovým způsobem, že projde skrz papír. Tohle poslední tvrzení by se dalo formulovat také tak, že dojde ke vzniku jakýchsi vlnodů v papíře. Rozptýl světla na nepravidelnostech vláken se díky odrazu světla na rozhraní mezi olejem vlákny více (ale ne zcela) potlačí.

Kdy se uplatňuje stejný jev, avšak třeba v úplně jiné situaci? Ze stejného důvodu, proč není papír průhledný, je neprůhledný sníh (ale led ano), mají mraky bílou barvu a v mlze dohlédneme jen na několik metrů. S odrazem světla od povrchu vody se setkáváme doslova na každém kroku, třeba již na zmíněné tabuli.

A na závěr bych jenom dodal, že k rozlouštění záhady mastného papíru nedošlo rozhodně vůbec přesvědčivě a nevyvratitelně. Použil jsem spíše vědomost jistých analogických procesů. Jenomže některé analogie jsou problematické.

Peter Zalom

peter@fykos.mff.cuni.cz