

VÝROBA PAPÍRU
TEXT PRO UČITELE

Mgr. Jana Prášilová
prof. RNDr. Jiří Kameníček, CSc.

Olomouc, 2013

Obsah

1. Téma v učebnicích používaných na gymnáziích
2. Teoretické poznatky k problematice
 - 2.1. Papírenský průmysl v ČR
 - 2.2. Složení dřeva
 - 2.3. Vlákna a základní způsoby výroby celulózy
 - 2.4. Papírovina a její zpracování
 - 2.5. Druhy papíru
3. Náměty na praktická cvičení k tématu
4. Metodika pro hodinu základního typu
5. Metodika pro laboratorní cvičení
6. Použitá literatura a elektronické zdroje

1. Téma v učebnicích používaných na gymnáziích

Výroba papíru se z učebnic používaných na gymnáziích postupem času vytratila. Krátký popis výroby a schéma papírenského stroje obsahuje původně zahraniční učebnice [1].

2. Teoretické poznatky k problematice

Základní surovinou pro výrobu papíru je polysacharid celulóza, která je součástí dřeva stromů i rostlinných těl (např. konopí, len, bavlník).

Pro uvedení do problematiky je třeba odpovědět na několik otázek:

- 1) Z jakých látek se dřevo skládá?
- 2) Z jakých základních surovin se papír vyrábí?
- 3) Co označujeme pojmem papírovina, z čeho se skládá a jakým způsobem se zpracovává?
- 4) Jaké druhy papíru rozlišujeme?

2.1. Papírenský průmysl v ČR

Z klasických papíren fungujících na území ČR lze jmenovat např.

- Krkonošské papírny, a.s. (Hostinné, okres Trutnov)
- Papírny Brno, a.s.
- JIP – Papírny Větrník, a.s.
- OP papírna, s.r.o. (Olšany u Prostějova)
- Papírna Apis, s.r.o. (Česká Kamenice)
- Cerepa, a.s. (Červená Řečice, okres Pelhřimov)
- Papírna Aloisov, a.s.

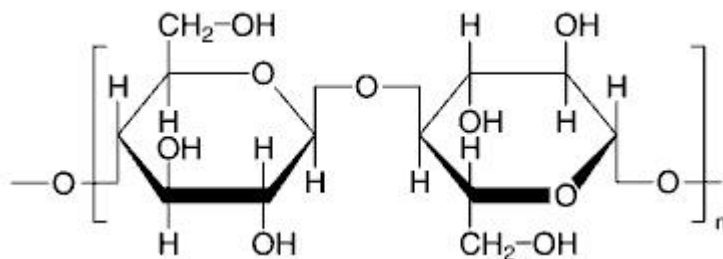
Na výrobu kartonu a lepenky se specializují např.

- Severočeská papírna, s.r.o. (Novosedlice)
- Otrokovické papírny, a.s.
- Duropack Bupak Papírna, s.r.o. (České Budějovice)

Výrobou ručního papíru se zabývá Ruční papírna Velké Losiny, a.s.

2.2. Složení dřeva

Dřevo je složitý heterogenní makromolekulární systém. Zastoupení jednotlivých složek je závislé na druhu dřeviny (listnaté vs. jehličnaté) a přírodních podmínkách, ve kterých strom vyrůstá. Průměrně dřevo obsahuje 45 % celulózy, 25 % hemicelulózy a 25 % ligninu, zbývající část tvoří: sacharidové složky (škrob, pektiny), třísloviny, vosky, éterické oleje, minerální látky (popeloviny), rostlinná barviva aj.



Obrázek 1 Základní jednotka celulózy – β -D-glukopyranóza

Mezi hlavní složky dřeva patří: celulóza, hemicelulózy a lignin.

Celulóza tvoří kostru buněčných stěn dřevného pletiva (a rostlinných buněk obecně). Po chemické stránce se jedná o lineární polymer, jehož základní jednotkou je cukr β -D-glukopyranóza (Obrázek 1). Jednotlivé jednotky jsou spojeny (1-4) β -glykosidickou vazbou. Polymerační stupeň je proměnlivý, $n > 600$. Relativní molekulová hmotnost celulózy se pohybuje v rozmezí od 50 000 do 300 000.

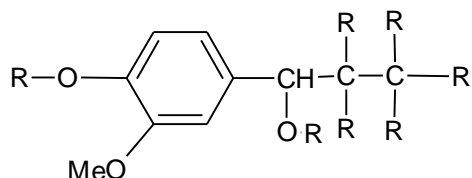
Celulóza je nerozpustná ve vodě.

Hemicelulózy jsou chemicky nejednotné lineární polymery sacharidů. Inkrustují buněčné stěny dřevních buněk. Mohou tvořit homopolymery i heteropolymery, jejichž jednotky mohou být tvořeny jak pentózami (xylóza, arabinóza), tak hexózami (mannóza, galaktóza, glukóza). Podle monomeru, který v hemicelulose převažuje, je dělíme na pentózany (převažují v listnatém dřevě) a hexózany (dominantní ve dřevě jehličnanů). Polymerační stupeň je nižší než u celulózy, $n < 200$.

Hemicelulózy se rozpouštějí ve vodě a ve zředěných hydroxidech, ve zředěných kyselinách snadno hydrolyzují až na monosacharidy. Hexózy lze zkvasit anaerobně na etanol, pentózy i hexózy aerobně pomocí droždí. Hemicelulózy hrají důležitou roli při spojování vláken při výrobě papíru a dřevovláknitých desek. Zpracovává-li se celulóza chemickou cestou, jsou při výrobním procesu hemicelulózy nežádoucí.

Lignin spolu s hemicelulosami inkrustuje celulosové buněčné stěny. Struktura polymeru ligninu není dosud plně vyjasněna. Hydroxylové skupiny navázané na řetězci jsou slabě kyselé, díky nim je lignin rozpustný v silně alkalických roztocích (Obrázek 2).

Díky ligninu je dřevo pevné a tuhé, lignin stmeluje jednotlivá celulosová vlákna dřeva.



Obrázek 2 Jeden z možných typů ligninových jednotek

2.3. Vlákna a základní způsoby výroby celulózy

Papír vzniká zplstnatěním vodné suspenze převážně rostlinných vláken. **Vlákna** je směs řetězců neškrobových polysacharidů, vyrobená mechanicky či chemicky, převážně z rostlinných surovin.

Mezi základní suroviny patří bílá a hnědá dřevovina, čistá celulóza, hadrovina (surovina připravená z vláken rostlinného původu, z textilních odpadů), odpadový papír a odpady z rostlinných vláken (len, konopí).

Volba vlákniny pro výrobu určitého druhu papíru je dána kompromisem mezi cenou a vlastnostmi papíru (většinou se suroviny míchají ve vhodném poměru). Vlastnosti vyrobeného papíru a příklady použití uvádí Tabulka 1.

Tabulka 1 Vlastnosti papíru v závislosti na použitém druhu suroviny

surovina	vlastnosti papíru	příklad použití
bílá dřevovina	málo pevný, křehký, časem žloutne	lacinější papír, noviny
hnědá dřevovina	hnědá barva, pevný	hnědý balicí papír, lepenka
celulóza	barva dle množství příměsí, pevný	kvalitnější papíry, kancelářský
hadrovina	největší pevnost, jemný	bankovky, státní dokumenty
odpadový papír	méně pevný	lacinější papír, méně kvalitní, lepenky
odpady z rostlinných vláken		speciální papíry (cigaretový, ruční)

a) Mechanická vláknina (dřevovina)

Dřevovina se získává mechanickým oddělováním vláken z povrchu dřeva zbaveného kůry (odkorněného). Dřevo bez kůry se přitlačuje na betonový brus, který je ostříkovaný vodou, vzniklá kaše je vedena do rafiněru, kde dojde k oddělení jednotlivých vláken (rozvláknění). Hmota se dále naředí a natéká na papírenské síto.

Lignin, který stmeluje jednotlivá celulosová vlákna dřeva, se tímto způsobem nepodaří odstranit. Vzniklá vlákna jsou nepoddajná a při výrobě kvalitnějšího papíru je třeba přimíchat k hmotě další vlákna. Dřevovina je vhodná pro výrobu např. novinového papíru.

b) Chemicko-mechanická vláknina

Kvalitnější vlákninu lze získat krátkodobým působením chemikálií na dřevo a následným mechanickým rozvlákněním. Odkorněné dřevo se vaří se siřičitanem sodným (popř. se přidává kaolín) a následně mechanicky rozvláknuje.

Opět nedochází k dokonalému odstranění ligninu. Vláknina se používá na výrobu méně kvalitního papíru (letáky, lepenky). Kvalitu lze vylepšit oxidačním bělením (kyslíkem, peroxidy...) nebo redukčním bělením (hydrogensířičitany). Ani při bělení však nedochází k odstranění ligninu.

c) Chemická vláknina

Velmi kvalitní vlákninu lze získat několikahodinovým působením chemikálií na štěpky při vysoké teplotě. Lignin a hemicelulózy přejdou do roztoku, celulóza je odolná proti působení některých chemikálií a zůstává ve formě vláken. Vlákna celulózy se pak rozvlákní v holandru nebo rafiněru.

Získaná buničina (celulóza) se používá k výrobě bezdřevného papíru. K delignifikaci využíváme dva varné postupy, dle použitých chemikálií rozeznáváme způsob sulfátový a sulfitový. Nejstarším a dnes již opuštěným postupem výroby celulózy je natronový způsob (viz pozn. pro učitele).

Základní způsoby výroby celulózy

Oba postupy (sulfátový i sulfitový) probíhají podobným technologickým postupem:

- dřevo se zbaví kůry,
- dřevo se naseká na kousky o velikosti cca 2 x 2 x 0,4 cm (tzv. štěpky),
- štěpky se vaří v tlakových nádobách (vařácích, viz níže),
- vzniklá buničina se zbaví výluhů na pracích filtrech nebo kontinuálních pračkách,
- buničina se třídí, nevyhovující podíly se rozvláknují,
- nebělená buničina se bělí, odvodňuje, popř. suší.

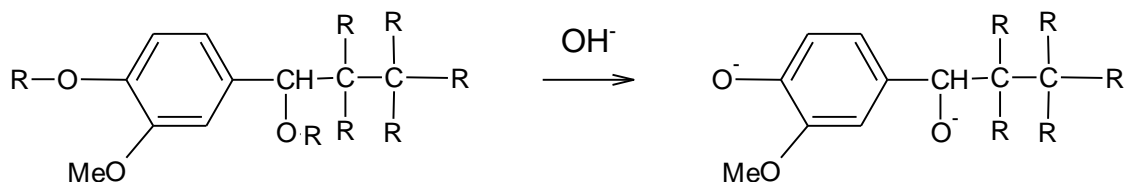
A. Sulfátový způsob

Složení varného roztoku:

NaOH, Na₂S, Na₂CO₃

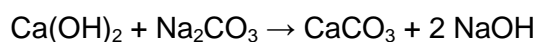
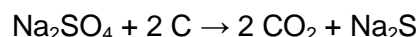
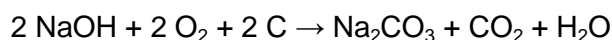
Princip odstranění ligninu:

Působením OH⁻ a SH⁻ skupin na lignin dochází ke štěpení vazeb C-O. Vzniklé fenolické skupiny zvyšují v bazickém prostředí rozpustnost fragmentů ligninové makromolekuly (viz schéma)



Průběh chemického procesu:

Štěpky se vaří se směsí NaOH, Na₂S a Na₂CO₃ - tzv. bílý louh (pH 13-14). Úbytek při vaření alkálií se doplňuje síranem sodným (odtud pochází název metody), který se redukuje na sulfid sodný. Uhlíkaté látky redukují síran na sulfid, část sulfidů reaguje s oxidem uhličitým na sodu, která se reakcí s hydroxidem vápenatým převede na směs hydroxidu sodného a uhličitanu vápenatého (viz rovnice)



Celulóza získaná sulfátovým způsobem je tmavší, pevnější a špatně bělitelná (např. pomocí oxidu chloričitého).

Výhody a nevýhody metody jsou shrnuty v Tabulce 2

Tabulka 2 Výhody a nevýhody sulfátového způsobu výroby celulózy

Výhody metody	Nevýhody metody
Ize zpracovat všechny druhy dřeva	menší výtěžky (odbourá se více celulózy)
krátká doba vaření	celulóza se špatně bělí
kontinuální uspořádání	zapáchající exhalace sírných sloučenin

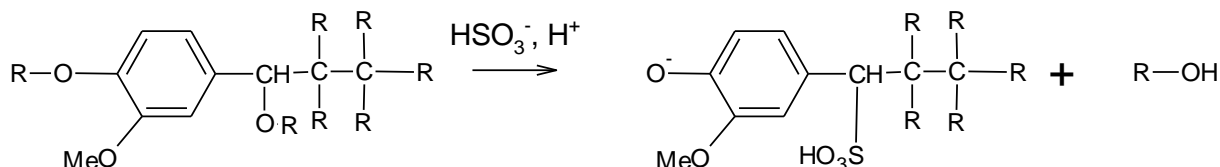
B. Sulfitový způsob

Složení varného roztoku:

H₂SO₃, Ca(HSO₃)₂ popř. Mg(HSO₃)₂

Princip odstranění ligninu:

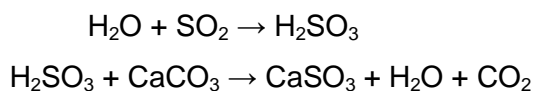
Při vaření dochází v kyselém prostředí k sulfonaci ligninu (viz schéma).



Současně probíhá kyselá hydrolyza vazeb v ligninu, jehož fragmenty přecházejí do roztoku. Celulóza se v kyselém prostředí nerozpustná a odděluje se filtrací.

Průběh chemického procesu:

Štěpky se vaří s varnou kyselinou ve vařácích pod tlakem 490 kPa, po dobu 8-12 hod. při teplotě 120 až 150°C. Varná kyselina se vyrábí ve věžích, kde se vápenec kropí shora vodou a zdola je přiváděn oxid siřičitý.



Varná kyselina se hromadí v zásobních kádích a následně dosycuje oxidem siřičitým.

Celulóza se oddělí od sulfitového výluhu po ukončení várky v jámě. Sulfitové výluhy jsou silnými polutanty, proto se dále regenerují spalováním v peci, popř. se zpracovávají na bílkovinné krmivo.

Praním celulózy ve vodě se odstraní nerozvažené kousky dřeva. Pro dosažení bílé barvy se celulózy bělí chlorem nebo chlornanem.

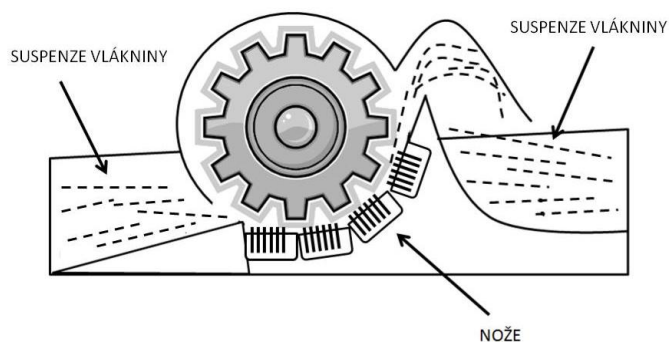
Výhody a nevýhody metody jsou shrnuty v Tabulce 3.

Tabulka 3 Výhody a nevýhody sulfitového způsobu výroby celulózy

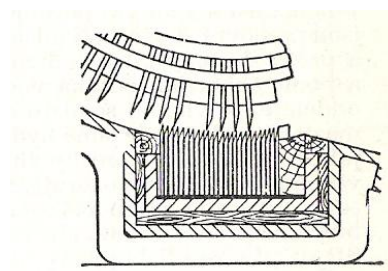
Výhody metody	Nevýhody metody
téměř bezodpadová technologie	zpracování je vhodné pro jehličnaté stromy
	při zpracování listnatých stromů je třeba přimíchat celulózu z jehličnatých dřevin

2.4. Papírovina a její zpracování

Papírovina je suspenze vlákniny ve vodě, upravená mletím (na tzv. holandrech), plněním, klížením někdy i barvením, pro výrobu papíru, kartónu a lepenky.



Obrázek 3 Holandr



Obrázek 4 Detail nože (převzato z [2])

Pro vylepšení vlastností papíru se k vláknitým surovinám přidávají přísady:

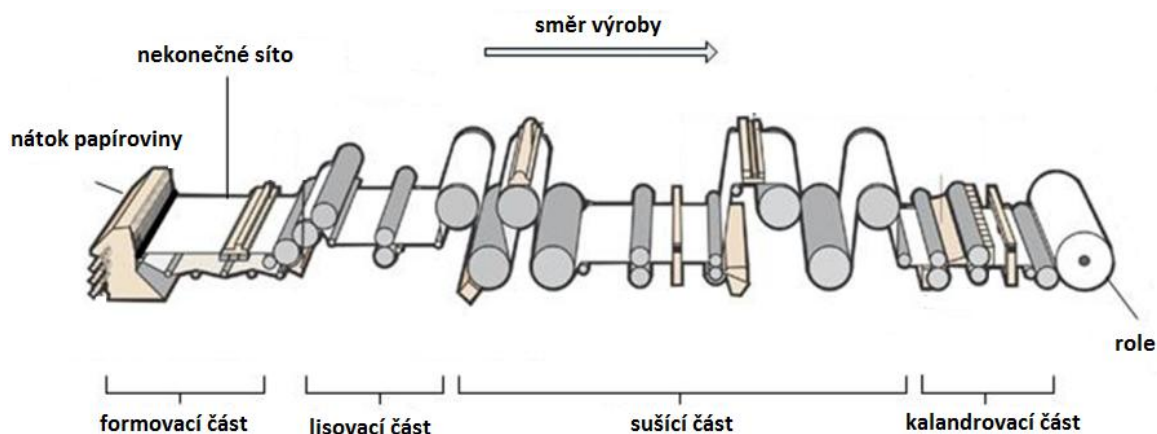
- a) klíždla (želatina, pryskyřičný kliš, škrob)
 - zvětšují odolnost papíru proti vodě (rozpíjení inkoustu, zvlnění)
 - dochází k úpravě povrchu papíru, který se stává hydrofobním
 - plně klížené papíry: psací, korespondenční, ofsetové
 - částečně klížené papíry: knihtiskové, hlubotiskové
 - neklížené papíry: novinový, savý, filtrační
- b) barviva
 - organická barviva či pigmenty
- c) plnidla (kaolín, mastek, CaCO_3 , baryt aj. dle druhu)
 - vyplní a zatíží strukturu papíru (papír má hladší povrch),
 - na papír se snáze tiskne i píše
 - přidávají se v množství do 25 % hmotnosti papíru (viz Tabulka 4)

Tabulka 4 Obsah plnidel v různých druzích papíru

Druh papíru	Obsah plnidel
bankovní a psací	2 – 8 %
knihtiskové	4 – 12 %
ofsetové	6 – 10 %
obálkové	10 – 15 %
ilustrační	do 25 %
cigaretové	30 – 35 %

- d) optické zjasňovací prostředky (fluorescenční barviva)
 - odstraňují žlutavé zabarvení papíru, absorbují UV záření
- e) speciální přísady
 - pro zvýšení pevnosti a tuhosti papíru
 - např. syntetické pryskyřice zvětšují pevnost papíru za mokra

Papírovina naředěná na obsah 0,5 až 1 % sušiny je vedena přes zařízení regulující hustotu a hmotnost papíru na síta. Na běžícím a třesoucím se síti se papírovina zplstňuje a je z ní odsávána voda. Mokrý pás dále prochází několika lisovými válci, kde se zvyšuje sušina na cca 40 %. Na vyhřívaných válcích se papír suší, na lisovacích válcích hladí a převíjí (viz Obrázek 5)



Obrázek 5 Papírenský stroj (upraveno dle [3])

2.5. Druhy papíru

Dle tzv. plošné hmotnosti papíru („gramáže“) rozlišujeme 3 druhy papíru:

- a) papír – od 8 do 150 g m⁻²
- b) karton – od 150 do 250 g m⁻²
- c) lepenka – až 4500 g m⁻²

Papíry můžeme rozdělit do několika skupin (viz Tabulka 5)

Tabulka 5 Druhy papíru

tiskové	psací, kreslicí	obalové	elektro- technické	technické průmyslové	filtrační	ostatní
novinový	ruční	balíkový	kabelový	pytlový	sací	kopírák
knihtiskový	knihový	hedvábný	izolační	kelímkový	do vysavačů	dekorační
plakátový	průklepový	pergamenový		fotografický		
bankovní		parafinový		cigaretový		
mapový						
křídový						

Dalšími druhy papíru jsou kartony (např. ofsetový, karton na hrací karty, kreslicí, na vlnitou lepenku aj.) a lepenky (např. izolační, kufrové, na pивní tácky aj.).

Doplňující informace pro učitele

Kapitola 3

Natronový způsob výroby celulózy (starší, dnes málo používán)

Složení varného roztoku:

NaOH, Na₂CO₃

Princip odstranění ligninu:

Na dřevo se působilo směsí hydroxidu a uhličitanu sodného. Lignin se přeměňuje na rozpustnou formu.

Za nevýhodu metody lze považovat fakt, že je vhodná pouze ke zpracování listnatých stromů a jedná se o technologii zatěžující životní prostředí. Vyrobena celulóza je tmavší, málo pevná a měkká.

Kapitola 3

Sulfitový způsob

Složení varného roztoku:

- kyselý postup – SO₂, Mg(HSO₃)₂ popř. NaHSO₃, NH₄HSO₃, Ca(HSO₃)₂
- polokyselý postup - Mg(HSO₃)₂, NaHSO₃, NH₄HSO₃
- neutrální postup – Na₂SO₃, Na₂CO₃

3. Náměty na praktická cvičení k tématu

1/ Určení plošné hmotnosti papíru

Plošná hmotnost je základním ukazatelem charakteristiky papíru; hmotnost 1 m² materiálu.

Dle tzv. plošné hmotnosti papíru rozlišujeme 3 druhy papíru:

- d) papír – od 8 do 150 g m⁻²
- e) karton – od 150 do 250 g m⁻²
- f) lepenka – až 4500 g m⁻²

Úkol: Určete plošnou hmotnost předložených vzorků papíru a rozhodněte, do jaké kategorie je lze zařadit.

Pomůcky:

předvážky, vzorky papíru, nůžky, pravítko, tužka

Pracovní postup:

- ze vzorku vystříháme čtverec o velikosti 10 x 10 cm,
- čtverec zvážíme,
- hmotnost přepočteme na g m⁻².

Příklad přepočtu:

Balíkový papír

čtverec o rozměrech 10 x 10 cm m = 0.32 g

1 x 1 m m = 32 g

2/ Stanovení vlhkosti papíru

Vláknité suroviny používané při výrobě papíru patří mezi hygroskopické látky – ve vlhkém prostředí vodu adsorbují. Obsah vody v papíru se udává v hmotnostních procentech a je závislý na použité vláknině, způsobu mletí a přidaných plnidlech.

Úkol: Stanovte obsah vody v předloženém vzorku papíru a vyjádřete v hmotnostních procentech.

Pomůcky:

sušárna, vzorky papíru, nůžky

Pracovní postup:

- vzorek papíru (čtverec 10 x 10 cm) zvážíme (m_1),
- sušárnu vyhřejeme na 100 °C a vzorek do ní vložíme,
- vzorek sušíme do konstantní hmotnosti (m_2),
- vypočteme procentový obsah vody.

Vypočet procentového obsahu vody:

100 % m_1 (hmotnost vzorku papíru před sušením)
x % $m_1 - m_2$ (rozdíl hmotností před a po sušení)

3/ Stanovení popela po spálení

Po dokonalém spálení papíru a vyžihání v kelímku zbude minerální zbytek, který tvoří aditiva přidávaná do papíroviny při výrobě papíru a případně zbytky vláknitých surovin.

Úkol: Porovnejte hmotnost popela po spálení předložených vzorků papíru.

Pomůcky:

předvážky, porcelánová miska, nůžky, vzorky papíru

Pracovní postup:

- 2,5 g vzorku papíru nastříháme na kousky,
- zvážíme porcelánovou misku,
- jednotlivé kousky vzorku papíru spálíme v misce,
- misku s popelem zvážíme.

4/ Důkaz škrobu v papíru

Škrob přidávaný při výrobě papíru jako aditivum lze prokázat zkouškou s Lugolovým roztokem.

Úkol: Rozhodni, zda předložený vzorek papíru obsahuje škrob

Pomůcky:

nůžky, zkumavka, kádinka, pipeta, vzorky papíru

Chemikálie:

Lugolův roztok (jodová tinktura)

Pracovní postup:

- cca 1 g vzorku papíru nastříháme na kousky a nasypeme do zkumavky,
- k vzorku přidáme 10 cm³ vody a vzorek povaříme na vodní lázni,
- po ochladnutí přidáme k výluhu několik kapek zředěného Lugolova roztoku,
- pozitivní reakce na škrob se projeví zmodráním roztoku.

5/ Nepromastitelnost papíru

Obalové papíry pro potraviny (máslo, sádlo, sýry aj.) se povrchově upravují, aby tuk neprosákl přes obal a neznečišťoval okolí (police v obchodech, nákupní tašky atd.)

Úkol: Rozhodni, který z předložených vzorků papíru je vhodný jako obalový materiál pro potraviny.

Pomůcky:

Pasteurova pipeta, olej, vzorky papíru, arch bílého kancelářského papíru

Pracovní postup:

- vzorek papíru položíme na arch bílého papíru,
- na vzorek papíru kápneme kapku oleje a rozetřeme prstem,
- vzorek papíru odstraníme a pozorujeme, zda na bílém papíře vznikla mastná skvrna.

6/ Papír pod UV světlem

Jako aditivum se k papírovině někdy přidávají opticky zjasňující látky (rylux). Filtrační papír neobsahuje žádná aditiva.

Úkol: Rozhodni, zda předložený vzorek papíru obsahuje opticky zjasňující látky

Pomůcky:

černý box (zatemněný prostor), UV lampa, bankovky (100 Kč, 200 Kč), vzorky papíru

Pracovní postup:

- vzorek papíru vložíme do černého boxu (krabice) – postačí i zatemněný prostor,
- zapneme UV lampu,
- vzorky papíru porovnáme,
- do boxu vložíme bankovky různé hodnoty a pozorujeme ochranné prvky.

4. Pracovní listy pro žáka

Přiřaď správné pojmy týkající se sulfátového a sulfitového způsobu výroby celulózy!

	sulfátový způsob	sulfitový způsob
využití	-----	-----
pH roztoku	-----	-----
složení roztoku	-----	-----
vlastnosti celulózy	-----	-----
	špatně bělitelná celulóza	zpracování všech druhů dřeva
	Mg(HSO ₃) ₂	kyselý roztok (pH 2-5)
	tmavá, pevná celulóza	NaOH Na ₂ CO ₃ Na ₂ S
	čistší celulóza	zpracování dřeva s nízkým obsahem pryskyřic
		bílý louh (pH 13-14)

©Prášilová, Kameníček

Přiřaď správné pojmy týkající se sulfátového a sulfitového způsobu výroby celulózy!

	sulfátový způsob	sulfitový způsob
využití	zpracování všech druhů dřeva	zpracování dřeva s nízkým obsahem pryskyřic
pH roztoku	bílý louh (pH 13-14)	kyselý roztok (pH 2-5)
složení roztoku	NaOH Na ₂ S Na ₂ CO ₃	Mg(HSO ₃) ₂
vlastnosti celulózy	špatně bělitelná celulóza	čistší celulóza
	tmavá, pevná celulóza	

©Prášilová, Kameníček

Doplň do obrázku jednotlivé části papírenského stroje a jejich funkce!

časti

.....a hustoty papíroviny	odsátí vody navíjení na role
------------------------------	-------------------------------	-------	---------------------------

©Prášilová, Kameníček

Doplň do obrázku jednotlivé části papírenského stroje a jejich funkce!

časti

formovací část	lisovací část	sušící část	kalandrovací část
regulace hmotnosti a hustoty papíroviny	odsátí vody zvýšení obsahu sušiny	vysušení papíru	uhlazení papíru navíjení na role

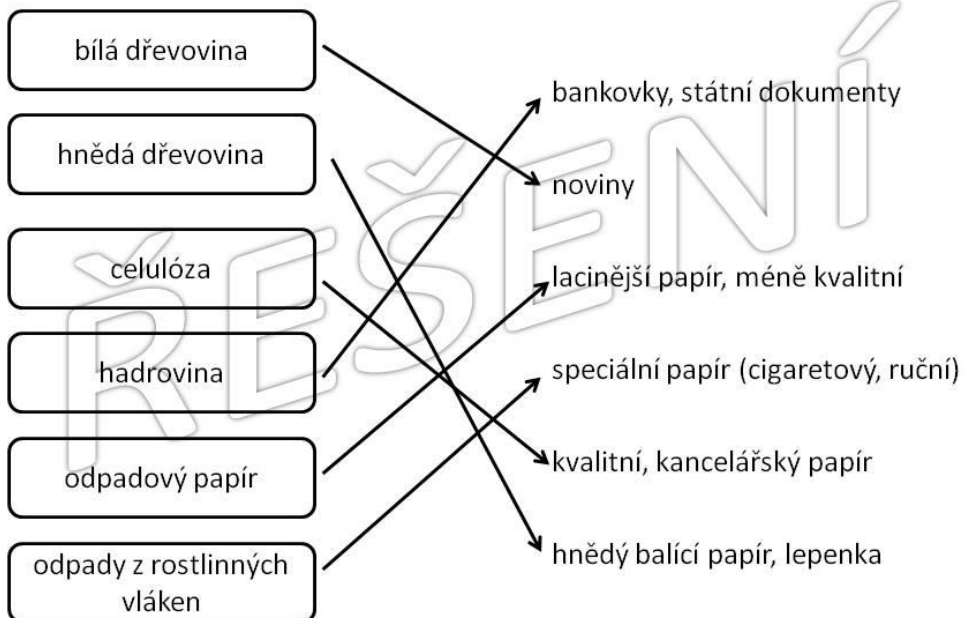
©Prášilová, Kameníček

Přiřaď druh suroviny k jejímu využití !

bílá dřevovina	bankovky, státní dokumenty
hnědá dřevovina	noviny
celulóza	lacinější papír, méně kvalitní
hadrovina	speciální papír (cigaretový, ruční)
odpadový papír	kvalitní, kancelářský papír
odpady z rostlinných vláken	hnědý balící papír, lepenka

©Prášilová, Kameníček

Přiřaď druh suroviny k jejímu využití !



©Prášilová, Kameníček

5. Metodika pro hodinu základního typu

Zařazení tématu do výuky:

Biochemie ⇒ sacharidy ⇒ celulóza ⇒ výroba papíru

Téma I	Ročník
Výroba papíru - vláknina, papírovina a její zpracování	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p><i>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</i></p> <p>Sacharidy. Anorganické sloučeniny kyselé a zásadité povahy. Biologie – rostliny používané v průmyslu</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p><i>Žák:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • jmenuje základní složky dřeva s důrazem na sacharidy • porovná jednotlivé druhy vlákniny a jejich použití • v jednoduchosti popíše základní rozdíly mezi postupy získávání celulózy • objasní pojem papírovina a načrtne postup jejího zpracování na papírenském stroji • rozlišuje jednotlivé druhy papíru 	
Metody výuky	Učební pomůcky
<ul style="list-style-type: none"> • demonstrační výklad • výklad • <i>práce ve dvojicích</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • prezentace k tématu v MS PowerPoint • pracovní list pro žáka • učební text • ukázky vlákniny a papíroviny

Pomocí demonstračního výkladu za praktické ukázky učitel rozliší pojmy vláknina, papírovina. Za použití pracovních listů rozlišíme s žáky jednotlivé druhy vlákniny a metody výroby celulózy. Pomocí výkladu doplní učitel zbývající informace. Upevnění učiva proběhne pomocí dalších úkolů v pracovním listu.

6. Metodika pro laboratorní cvičení

Úloha I	Ročník
Určení plošné hmotnosti papíru	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Druhy papíru.</p> <p>Matematika – metr čtverečný.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zváží čtverec o straně 10 cm • přepočítá hmotnost vzorku papíru na g m^{-2} 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • předvážky • vzorky papíru • nůžky • pravítko • tužka 	
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>samostatná práce</i> 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • jako vzorky použijeme např. kancelářský papír, balíkový, karton z obalů od výrobků, cigaretový, plakátový, ruční atd. 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle 	

Úloha II		Ročník
Stanovení vlhkosti papíru		3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady		
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Druhy papíru.</p> <p>Sušení.</p>		
Předpokládané výsledky výuky		
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zváží čtverec o straně 10 cm • vysuší vzorek papíru do konstantní hmotnosti • vypočte procentový obsah vody 		
Pomůcky	Chemikálie	
<ul style="list-style-type: none"> • sušárna • vzorky papíru • nůžky 		
Metody výuky		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>samostatná práce</i> 		
Poznámky		
<ul style="list-style-type: none"> • jako vzorky použijeme např. kancelářský papír, balíkový, karton z obalů od výrobků, plakátový atd. 		
Bezpečnostní pokyny		
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle • dbáme bezpečnosti při práci s vyhřátou sušárnou 		

Úloha III	Ročník
Stanovení popela po spálení	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Druhy papíru.</p> <p>Aditiva přidávaná do papíroviny.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • odváží přesné množství vzorku papíru • bezpečně spálí kousky papíru v misce • porovná hmotnost popela zbylého po spálení různých druhů papírů 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • předvážky • vzorky papíru • nůžky • porcelánová miska 	
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>samostatná práce</i> 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • jako vzorky použijeme např. kancelářský papír, balíkový, karton z obalů od výrobků, cigaretový, plakátový atd. • přesnější výsledek lze získat vyžiháním zbylého popela v porcelánovém kelímku do konstantní hmotnosti 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle • při spalování papíru dbáme bezpečnosti 	

Úloha IV	Ročník
Důkaz škrobu v papíru	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Druhy papíru.</p> <p>Aditiva přidávaná do papíroviny.</p> <p>Důkazová reakce na škrob.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • připraví vodní výluh ze vzorku papíru • zhodnotí pozitivní reakci na přítomnost škrobu po přidání Lugolova roztoku 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • nůžky • zkumavka • kádinka • pipeta • vzorky papíru 	<ul style="list-style-type: none"> • zředěný Lugolův roztok (jodová tinktura)
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>samostatná práce</i> 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • jako vzorky použijeme např. kancelářský papír, balíkový, karton z obalů od výrobků, cigaretový, plakátový atd. • pozitivní reakce na škrob se projeví zmodráním roztoku 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle • dbáme bezpečnosti při zahřívání zkumavky se vzorkem papíru 	

Úloha V	Ročník
Nepromastitelnost papíru	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice: Druhy papíru.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rozetře na vzorek papíru olejovou kapku • porovná promastitelnou různých druhů papírů 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • Pasteurova pipeta • rostlinný olej • vzorky papíru • arch kancelářského papíru 	
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>samostatná práce</i> 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • jako vzorky použijeme např. kancelářský papír, balíkový, karton z obalů od výrobků, cigaretový, plakátový, obalový papír na potraviny atd. 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle 	

Úloha VI	Ročník
Papír pod UV světlem	3 - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Druhy papíru.</p> <p>Aditiva přidávaná do papíroviny.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • porovná různé druhy papíru pod UV světlem • porovná bankovky různé hodnoty pod UV světlem 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • černý box • UV lampa • bankovky • vzorky papíru 	
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>samostatná práce</i> 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • jako vzorky použijeme např. kancelářský papír, balíkový, karton z obalů od výrobků, cigaretový, plakátový atd. • černý box lze vyrobit z krabice od bot, kterou vyložíme černým papírem či látkou • k dostání jsou různé druhy UV lampiček (nejlevnější varianta je kapesní přívěšek na klíče) • vhodné je pozorovat pod UV světlem bankovky různé měny 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • dbáme, aby si studenti nesvítili UV lampičkou do očí 	

7. Použitá literatura a elektronické zdroje

1. AMANN, W., EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 2b*. Praha: Scientia, 2000.
2. Detail nože, převzato z: ANDRLÍK, K., F. PETRŮ, J. ČERNOHORSKÝ. *Základy chemických výrob*. Praha: SPN, 1965, str. 399
3. Papírenský stroj [online 2012-10-28]. Dostupné z [www](http://www.intechopen.com/books/advanced-model-predictive-control/model-predictive-control-and-optimization-for-papermaking-processes) <<http://www.intechopen.com/books/advanced-model-predictive-control/model-predictive-control-and-optimization-for-papermaking-processes>>, vlastní úpravy
4. NEISER, J. *Základy chemických výrob: Vysokoškolská učebnice pro studenty pedagogických a přírodovědeckých fakult studijního oboru 76-12-8 učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů*. Praha 1988.
5. ANDRLÍK, K., F. PETRŮ, J. ČERNOHORSKÝ. *Základy chemických výrob*. Praha: SPN, 1965.
6. GEBRTOVÁ, J. *Tiskové papíry a jejich vlastnosti*. Univerzita Pardubice, Pardubice 2006.
7. FILIPOVÁ, L. *Chemické pokusy s jednoduchými pomůckami*. Olomouc, 2011. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra anorganické chemie. Vedoucí práce doc. RNDr. Marta Klečková, CSc.
8. KUTINOVÁ, Blanka. *Technický naučný slovník: II. díl, E-I*. 2., rev. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1982.
9. KUTINOVÁ, Blanka. *Technický naučný slovník: V. díl, P-R*. 2., rev. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983.
10. KUTINOVÁ, Blanka. *Technický naučný slovník: VII. díl, U-Ž*. 2., rev. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986.
11. Krkonošské papírny, a.s.; <http://www.krpa.cz>
12. Papírny Brno, a.s.; <http://www.papirnybrno.cz>
13. JIP – Papírny Větrní, a.s.; <http://www.jip.cz>
14. Papírna Apis, s.r.o.; <http://www.papirna-apis.cz>
15. Cerepa, a.s.; <http://www.cerepa.cz>
16. Papírna Aloisov, a.s.; <http://www.melecky.eu/cz/aloisov.php>
17. Severočeská papírna, s.r.o.; <http://www.papirna.cz/>
18. Otrokovické papírny, a.s.; <http://www.papirny.otrokovice.cz>

