



Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A2: Rozvoj v oblasti distanční výuky, online výuky a blended learning

NPO_TUL_MSMT-16598/2022



Vlákna – struktura – vlastnosti

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.





KDE/VYF – Vysocefunkční textilie

Vlastnosti vláken

Jana Drašarová
Katedra designu



Definice - Textilní vlákno

- ❖ délková textilie
- ❖ převládá podélný rozměr
- ❖ útvar charakterizovaný ohebností, jemností a vysokým poměrem délky k průřezu

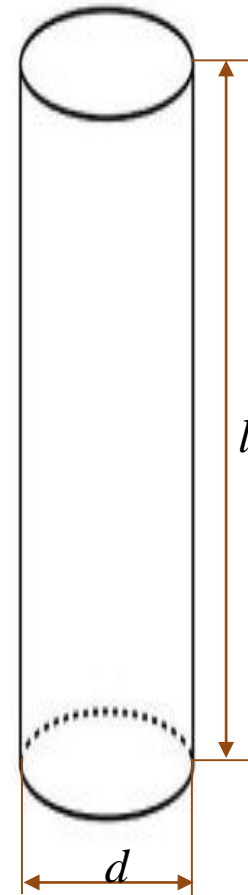
❖ **Štíhlost** $\lambda = \frac{l}{d} = 10^3$

l délka vlákna

d ... průměr vlákna

DÚ:

Jaká bude délka vlákna, když ho „zvětším“ do makrosvěta tak, aby byl jeho průměr 1cm?



Textilní vlákna

rozdělení
dle původu

Přírodní vlákna

→ kultivace

→ šlechtění



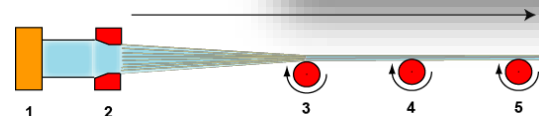
Vlákna chemická

→ výroba !!!

- z přírodních polymerů
- ze syntetických polymerů
- anorganická

man made fibres

- roztok/tavenina
- extruze
- chlazení
- protahování
- fixace



Textilní vlákna

rozdělení – dle délky

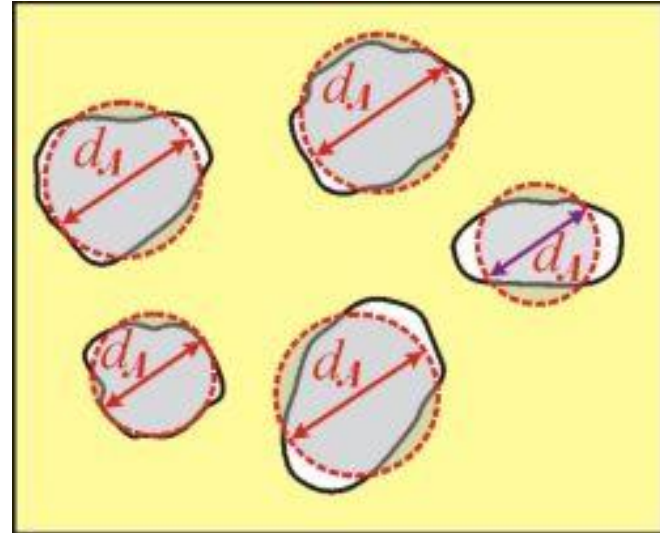
Staplová – **stapl** je průměrná délka všech vláken z jednoho vzorku textilních surovin. Přírodní materiály obsahují vlákna různé délky, u chemických vláken se (zpravidla) stříhá/trhá celá partie na jednu stejnou délku

Nekonečná – monofil (1 vlákno), multifil (svazek více vláken)

Geometrické vlastnosti / Základní charakteristiky

jemnost [tex]
průřez [mm²]
hustota [kgm⁻³]

měrný povrch [m²kg⁻¹]
štíhlost [1]



Specifický charakter - další vlastnosti - NĚKTERÉ

Vlastnosti

souvisejí s:

- a) chemickým složením
 - chemické složení
 - velikost makromolekuly
 - tvar makromolekuly
 - nadmolekulární struktury
- b) způsobem výroby
- c) kombinace a), b)

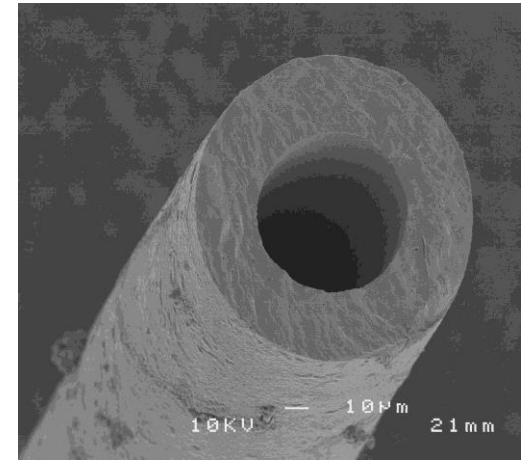
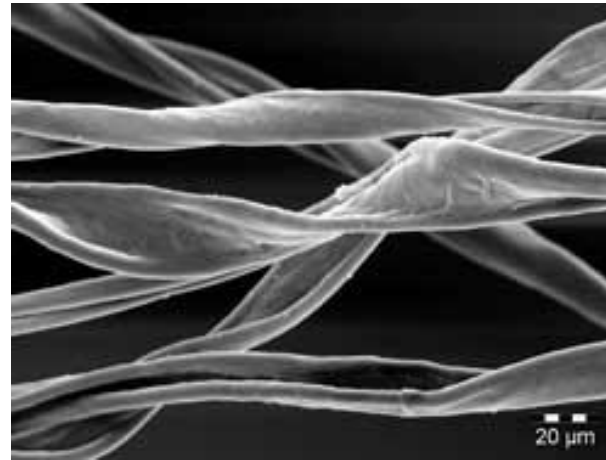
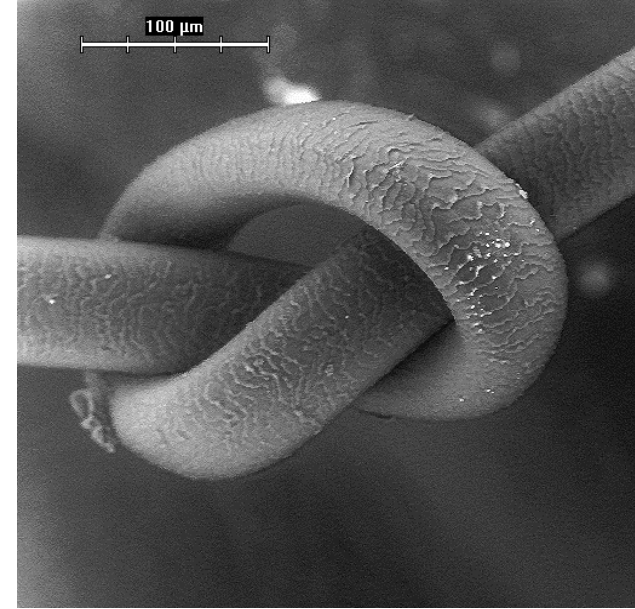
popisují:

- a) zpracovatelnost (pevnost, délka, povrchová drsnost, obloučkovitost)
- b) užitnost (sorpce, tepelné charakteristiky, chemická odolnost atp.)
- c) trvanlivost

Specifický charakter

struktura → vlastnosti

- ❖ anizotropie
- ❖ visko-elastická deformace
- ❖ organoleptické charakteristiky
- ❖ další vlastnosti ...



Vláknenná struktura

- je typická jak pro přírodní, tak i chemická vlákna
- vzniká vlivem nevratné orientace makromolekul polymeru podél osy vláken a částečnou krystalizací, (tj. třírozměrným uspořádáním)



Co jsou polymery?

polymer

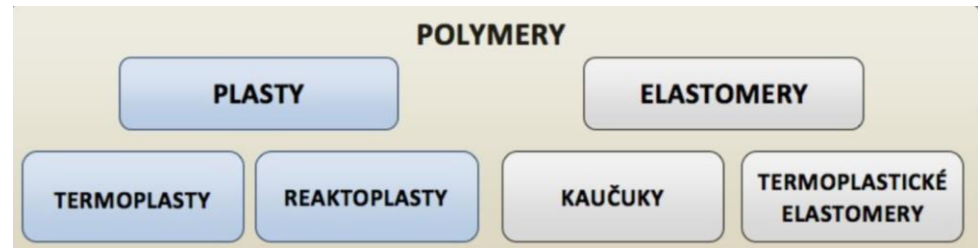
přírodní nebo **syntetická** látka

- v jejichž velké molekule (makromolekule) se jako článek v řetězu mnohonásobně opakuje základní monomerní jednotka
- řada fyzikálních a chemických vlastností této látky se nezmění přidáním nebo odebráním jedné nebo několika konstitučních jednotek (merů)

monomer (mer) = molekula jednoho nebo více druhů atomů

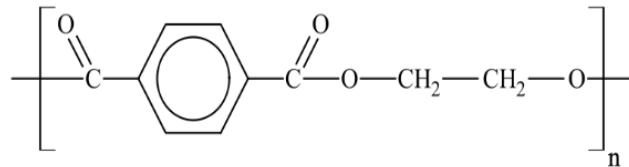
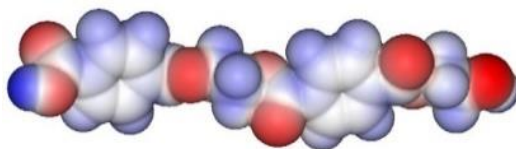
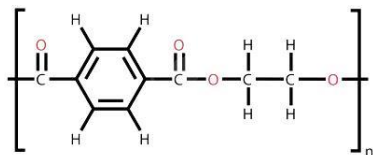
Co je charakterizuje?

1. molekulární struktura
2. chemické vazby
3. průměrný polymerační stupeň
4. tvar makromolekul polymeru
5. organizovanost molekul polymeru



Co je charakterizuje?

1. molekulární struktura: chemické složení
(PAD, PES, POP, celulóza,)
dostatečná tuhost řetězce
schopnost tavení nebo rozpouštění



Co je charakterizuje?

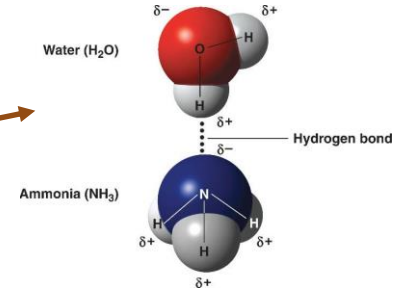
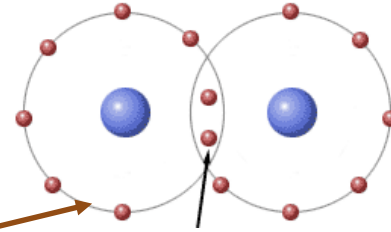
2. Chemické vazby

kovalentní vazby – mezi atomy v hlavním řetězci C-C energie 347 [kJ/mol], sdílení elektronů

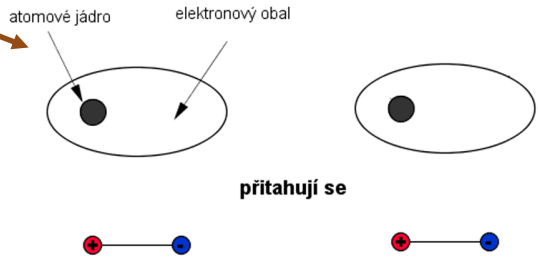
kohezní vazby – mezi polymerními řetězci = soudržnost polymeru

vod. můstky – H – O,N,F vazby energie 10[kJ/mol]

Van der Waalsovy – dipólové elektrostatické interakce – vznikající při nerovnoměrném rozdělení vazebných elektronů 1 [kJ/mol]



polární skupiny v řetězcích



Co je charakterizuje?

3. průměrný polymerační stupeň PPS

$$P_n = M_n/M_m$$

M_n molekulová hmotnost polymeru

M_m molekulová hmotnost monomeru (strukturní jednotky)

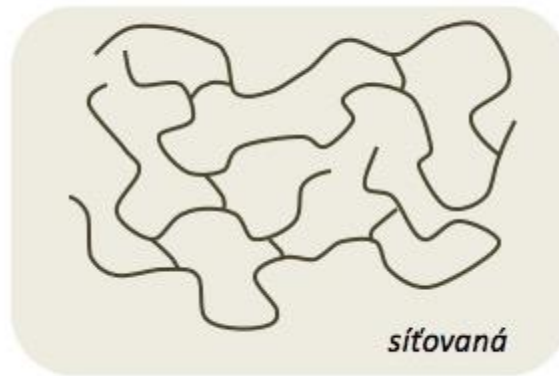
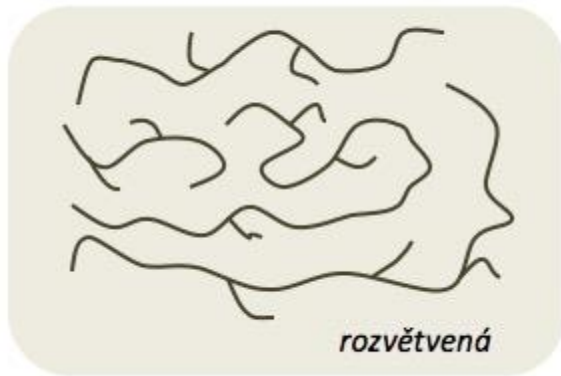
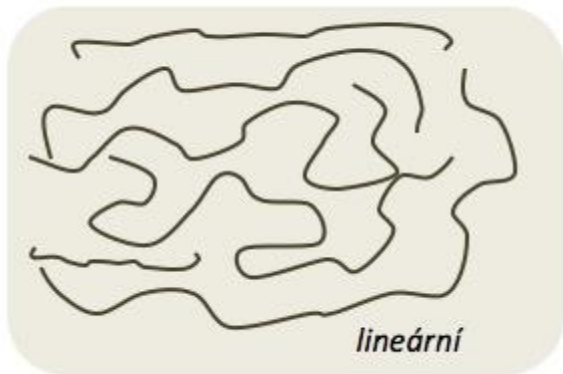
.... počet stavebních jednotek v makromolekule

dostatečný



Co je charakterizuje?

4. tvar makromolekul polymeru



lineární



Co je charakterizuje?

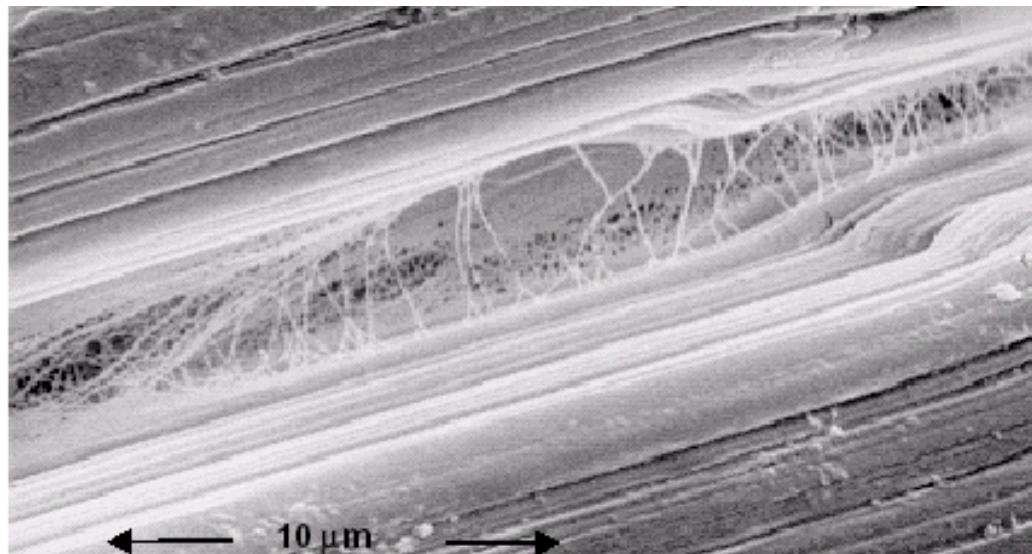
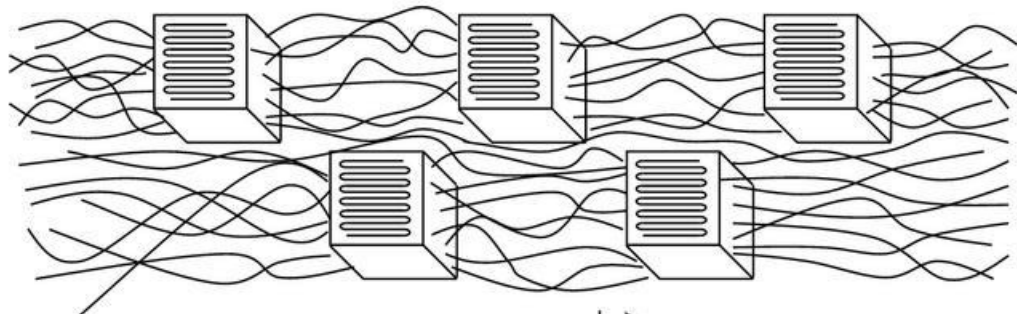
5. organizovanost molekul polymeru

NADmolekulární struktura

uspořádanost

- **krystalická oblast** - lineární řetězce těsně a pravidelně vedle sebe - pevnost
- **amorfní oblast** - řetězce se proplétají a vytvářejí shluk, klubka - vláčnost a ohebnost
- stupeň krystalinity (od 40 do 90 %)

amorfní + krystalické oblasti
semikrystalická struktura
(fibrily)



Co je charakterizuje?

vlákna = semikrystalické polymery
atomy – molekula – makromolekula

Obecně

1. molekulární struktura
2. chemické vazby
3. průměrný polymerační stupeň
4. tvar makromolekul polymeru
5. organizovanost molekul polymeru

„chemická stavebnice“, která umožňuje
neobyčejnou proměnlivost struktur i
vlastností výsledných látek

Vláknotvorné polymery - **zvláknitelnost**

1. Chemické složení, dostatečná tuhost řetězce, schopnost tavení nebo rozpouštění
2. polární skupiny v řetězcích
3. dostatečný PPS – velikost makromolekuly
4. tvar makromolekuly – lineární
5. nadmolekulární struktury – amorfní i krystalická část

Anizotropie

ve směru osy vláken – orientovaný systém, kde jednotlivé řetězce spojené kovalentními vazbami sdílejí řadu sekundárních (elektrostatických) vazeb bránících jejich deformaci

ve směru kolmém na osu vlákna – působí daleko méně sekundárních vazeb, takže odolnost vůči deformaci je podstatně nižší

vl. fyzikálních (např. dvojlom a bobtnání)
a mechanických (např. moduly), ...



Visko-elastická deformace

namáhání ve směru osy vláken
– cyklické – jeden cyklus

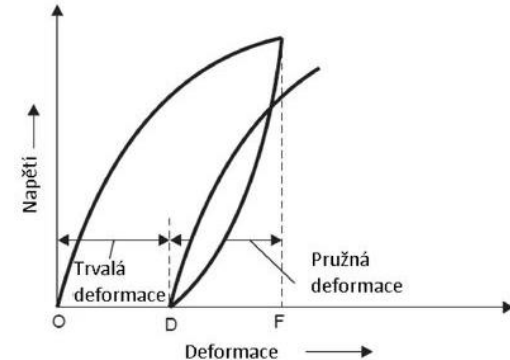
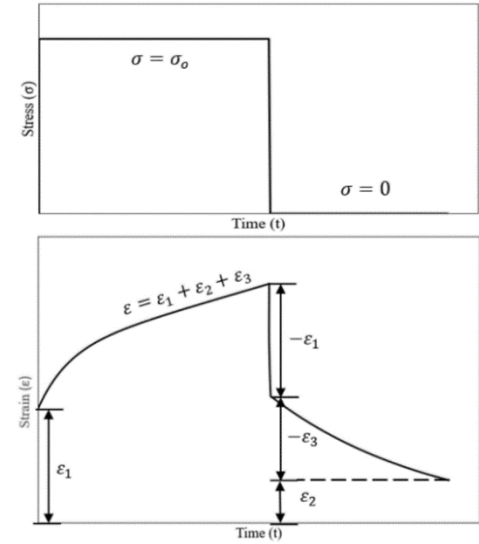
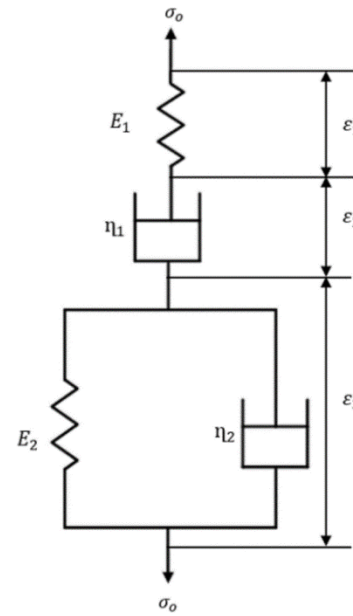
Důsledky:

krátkodobé namáhání **relaxace napětí** =
stabilizace požadovaného tvaru

dlouhodobé zatěžování **kríp (creep)**

tvarová paměť i zapomínání

vlákno / ne-lineární
visko- elastické těleso



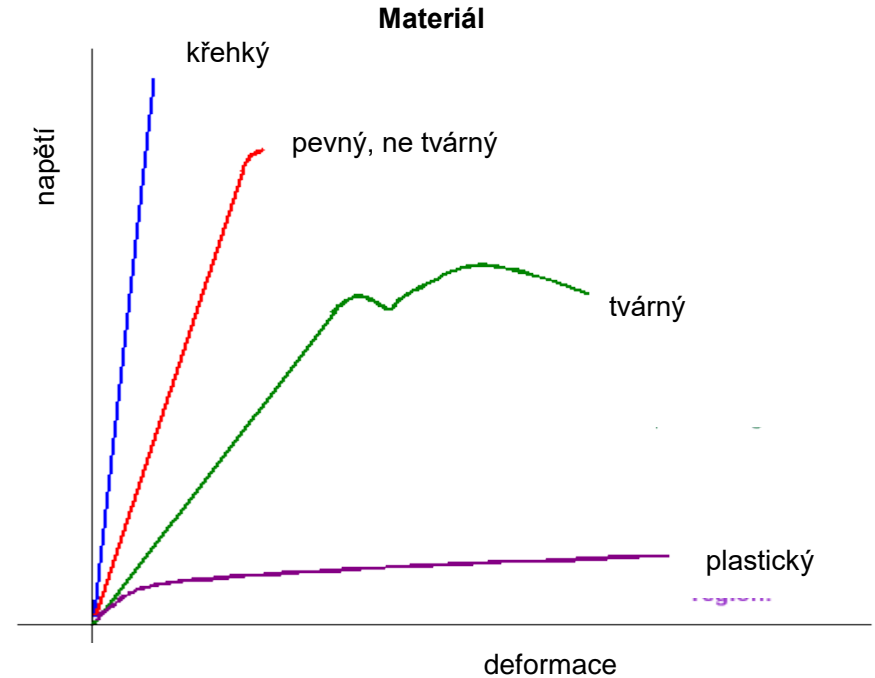
Mechanické vlastnosti

vláknno / ne-lineární visko- elastické těleso

namáhání ve směru osy vláken

– do přetrhu (Pevnost/Tažnost)

jsou závislé na čase a teplotě



Organoleptické charakteristiky

- charakteristiky, které lze hodnotit lidskými smysly
- omak a lesk textilií



Chování při rostoucí teplotě

roste teplota

- změna segmentální pohyblivosti makromolekulárních řetězců
- některé vlastnosti se při určitých teplotách náhle **mění**

fázové přechody

I. druhu = změna stavu (plyn, kapalina, pevná látka) (teplota tání/tuhnutí,)

II. druhu = změna „uvnitř“ daného stavu (poměr krystalické a amorfní fáze)

Elektrické vlastnosti

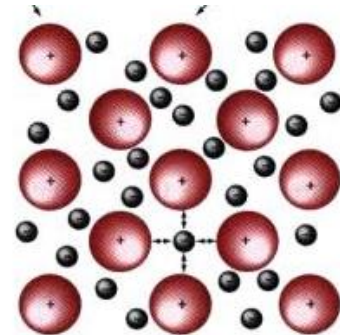
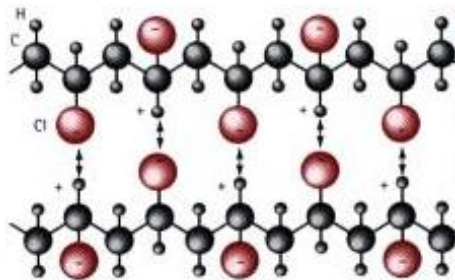
látky umístěné v elektrickém poli:

vodiče, izolátory (dielektrika)

většina textilních vláken – izolátory

(všechny elektrony jsou vázané k atomovým jádrům nebo sdílené v kovalentních vazbách);

vodivost (příspěvy, ↑vlhkost - pro hydrofilní polymery postačuje 1%-ní obsah vlhkosti, aby jejich vodivost vzrostla o 8–10 řádů)



Elektrostatický náboj

Co se děje?

statická přitažlivost lepení textilních vrstev, špinění atd.;

statická odpudivost

špatná adheze při nánosování, vrstvení a pojení vrstev;

statické vybíjení

elektrické šoky, tvorba jiskry;

fyzilogické změny

růst krevního tlaku a pH krve, zvýšení únavy, ...

Co to je?

fyzikální veličina, při které vzniká elektrická energie. K vytvoření náboje je nutná interakce mezi dvěma předměty



Elektrostatický náboj

Jak se to děje?

6 základních mechanismů vzniku statického náboje (kombinace): tření, stírání, při mechanickém napětí (piezoelektrický jev), vlivem zvýšené teploty,

„přesun“ elektronů

Triboelektrické řady

- při styku dvou polymerů se podle typu povrchových skupin nabíjí jeden + a druhý - (čím jsou v řadě polymery vzdálenější, tím větší náboj vzniká)
- dle Hershe a Montgomeryho
+ WO nylon VI CO SI acetát PVA PES PAN polyetylén polytetrafluoretylén -

Degradace vláken

Co to je?

nevratná změna struktury a vlastností – vlivem vnějších a vnitřních vlivů

Příčiny:

- čas (stárnutí)
- teplota (extrém hořlavost)
- světelné záření
- kyslík
- voda
- chemické látky (kyseliny, alkálie, soli..)
- biologické činitele (mikroorganismy, hmyz, člověk)
- mechanické namáhání



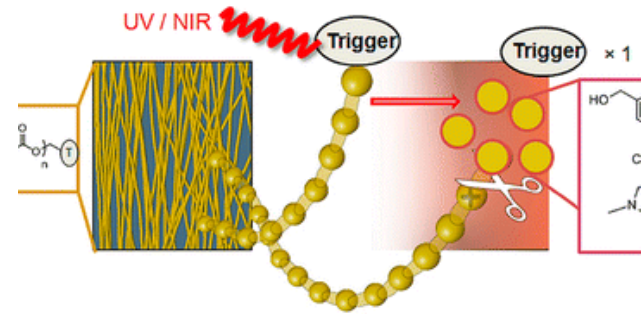
Degradace vláken

Jak se to děje?

- depolymerace (D) snižuje postupně molekulovou hmotnost
- statistické praskání řetězců (P)

Příčiny:

- čas (stárnutí) – depolymerace
- teplota (extrém hořlavost) – depolymerace
- světelné záření – fotodegradace (energie fotonů o vlnových délkách 400–300 nm je 300–390 kJ/mol - je energeticky srovnatelná s energií kovalentních vazeb v polymerech (energie C-C vazby je kolem 420 kJ/mol).
- kyslík – statistické praskání řetězců
- voda – praskání řetězců
- chemické látky (kyseliny, alkálie, soli..)
- biologické činitele (mikroorganismy, hmyz, člověk)
- mechanické namáhání



Hořlavost

běžná vlákna jsou ???



Hořlavost

běžná vlákna jsou více či méně
hořlavá

textilní vlákna se při styku s plamenem

- vznítí (všechna přírodní vlákna)
- taví a vznítí (většina syntetických)
- v podstatě nemění (anorganická)



Tepelná vodivost



schopnost daného materiálu vést teplo

představuje rychlost, s jakou se teplo šíří ze zahřáté části materiálu do chladnějších částí

- dobré tepelné vodiče jsou **kovy**
- nejlepšími tepelnými izolanty jsou **plyny** a **kapaliny**, které rychleji než vedením přenášejí teplo prouděním
- z pevných látek jsou dobrými tepelnými izolanty především ty látky, které obsahují hodně plynu (vzduchu)
- z látek neobsahující plyny jsou dobrými tepelnými izolanty například **plasty**

Sorpční vlastnosti – kontakt s tekutinami (př. voda)

Transport vody (a tepla) v textiliích

Hydrofilita * Hydrofobita

Absorpce * Absorpce

Hydrofilní textilie

Hydrofilní vlákna



Hydrofilita * Hydrofobita

hydrofilita (je afinita k vodě) tj. schopnost vázat (vodíkovými můstky) a transportovat vodu; (vlákna přírodní a chemická obsahující hydrofilní skupiny)

hydrofobita (není afinita k vodě) tj. nemožnost vázání vody specifickými vazbami. Voda se u svazků těchto vláken šíří především vlivem kapilárních sil resp. se mechanicky váže na praskliny a mikropóry

Procesy sorpce souvisejí obecně se

složením vláken, přístupností hydrofilních skupin, stavem povrchu, rozvolněností struktury, distribucí pórů, teplotou, časem, druhem, koncentrací penetrantu

Adsorpce = plyn/pevná látka

Adsorpce plynu

molekuly adsorbovány = vázány k povrchu

Chemicky – silné kovalentní vazby

Fyzikálně – kohezní vazby

✧ vod. můstky O-H vazby

✧ Van der Waalsovy dipólové elektrostatické interakce

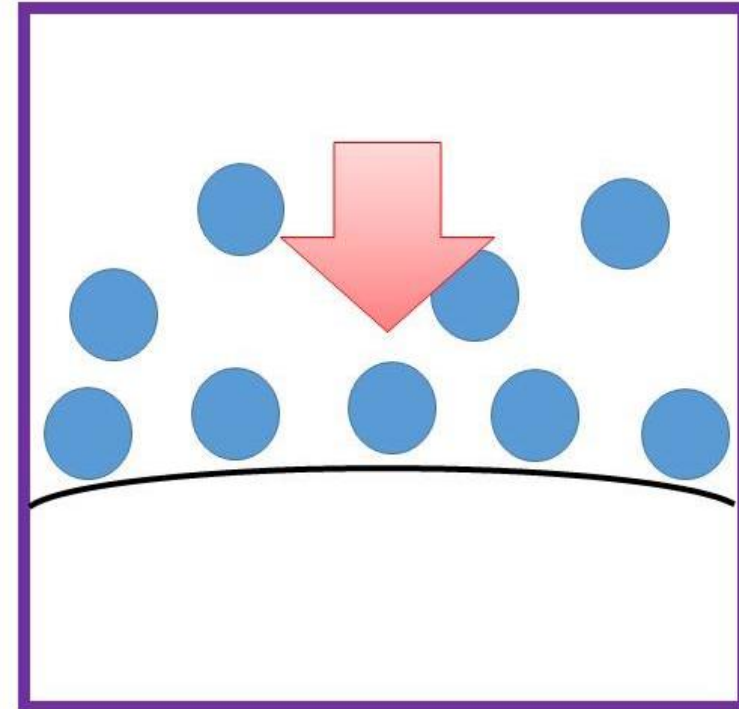
✧ elektrostatické přitahování (odpuzování) (dle znaménka el. náboje vlákna a částic)

(teplota, tlak)

molekuly plynu tvoří vrstvu –

kondenzace – kapalina – smáčení – kapilarita

makro,- mikro- porosita



uvnitř vlákna

Absorpce = plyn/pevná látka

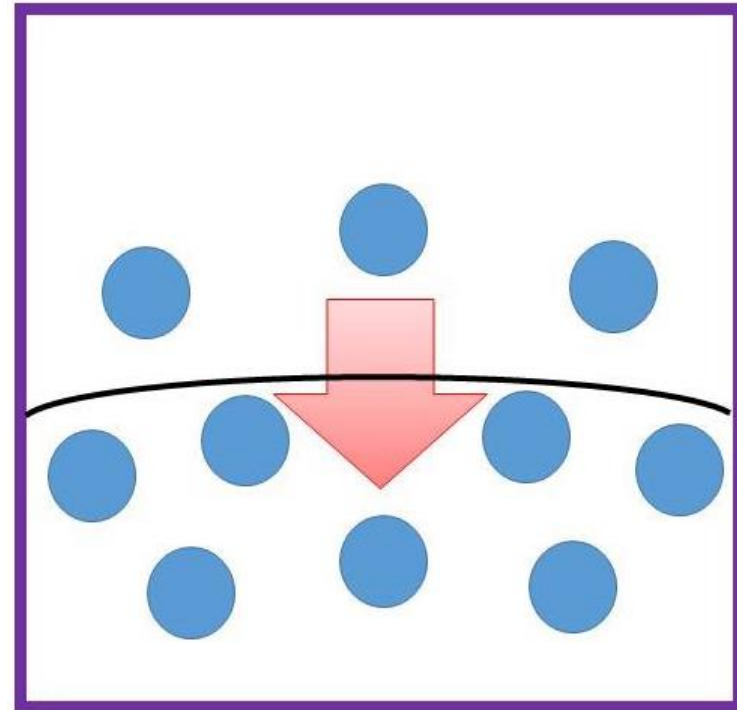
molekuly absorbovány = vázány UNVITŘ struktury

Chemická – intenzivní

kovalentní vazby mezi atomy, vodíkové můstky

změna rozměrů – botnání, pevnosti,...

Hydrofilní vlákna



Vliv vody na vlastnosti vláken

plastifikátor (tvorba vodíkových můstků v amorfních oblastech hydrofilních vláken)

↓ teplotu zeskelnění, měrnou hmotnost, pevnost VI SI WO, tření vláken

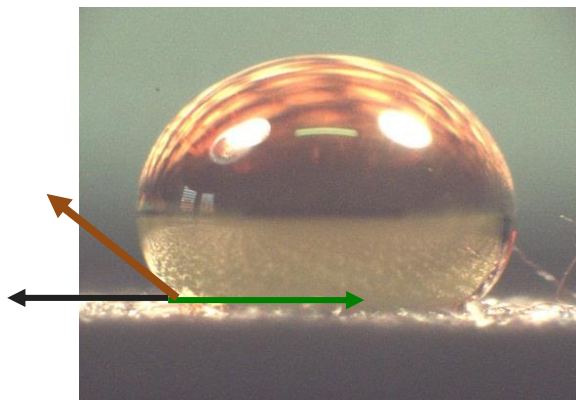
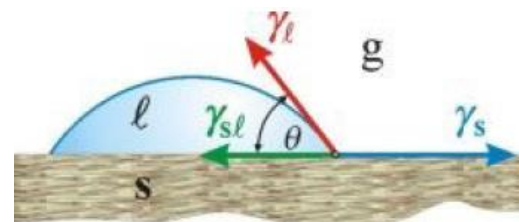
↑ tažnost, tep. el.vodivost, pevnost CO LI KN

bobtnání – anizotropie (příčné bobtnání ↑)

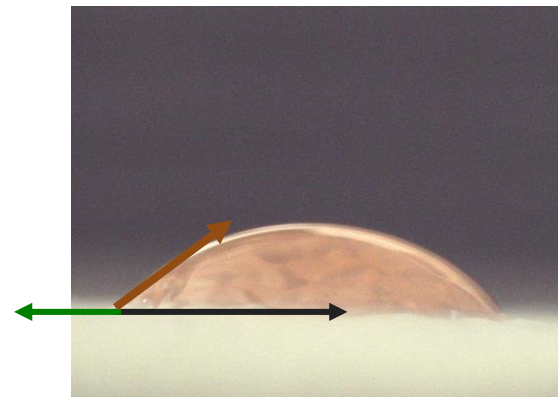
Smáčení / princip – kapalina/pevná látka

Fázové napětí = tečná síla k povrchu γ
charakterizovaná **smáčecím úhlem** θ

povrch vlákna



$\theta > 90^\circ$ pevná látka není smáčena



$0^\circ < \theta < 90^\circ$ pevná látka je smáčena

Smáčení / princip – povrchový efekt

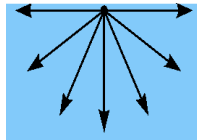
Fáze = část prostoru / konstantní FY, CH vlastnosti

Povrch = fázové rozhraní, prostor kontaktu, molekuly se nemíchají

Př: kapalina-kapalina, kapalina-plyn, kapalina-pevná látka

molekuly preferují pozici s maximální intenzitou mezimolekulární energie (síly) – uvnitř fáze

- 1) Vypařování molekul z povrchu, nahrazovány jinými zevnitř
- 2) Povrchové molekuly jsou vtlačovány dovnitř (soudržné síly)



Rovnováha obou akcí
= tvorba povrchové
vrstvy [nm]

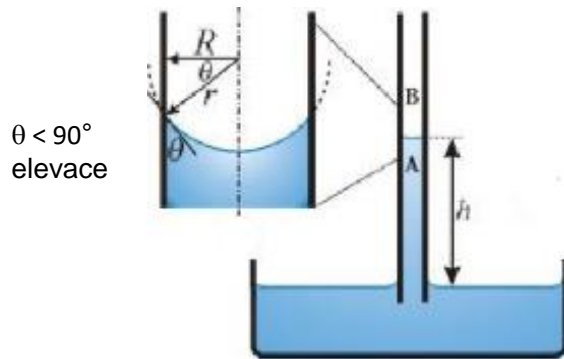
1-několik molekul

Jakoby - kapalina pokryta tenkým elastickým povrchem, který stlačuje kapalinu, aby zaujímala co nejmenší povrch

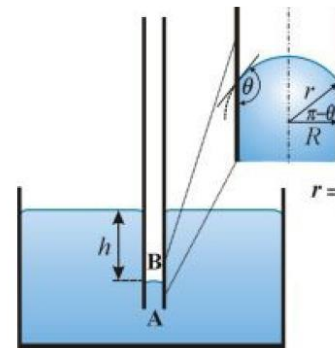
Transport vody mezi vlákny - kapilarita

Vzlínání = kapilarita - kapalina/pevná látka v kapiláře

h = smáčecí výška - rovnováha mezi *gravitační silou* a *povrchovým napětím*



$\theta < 90^\circ$
elevace



$\theta > 90^\circ$
deprese

pevná látka je

–

není smáčena

o chování kapaliny u stěny nádoby rozhoduje:

- vzájemné přitahování částic kapaliny,
- přitahování částic kapaliny částicemi pevné látky

Transport vody v textilií

vlákna * molekuly prostředí (penetranty)

a) difúze penetrantů prostředím k vláknu

b) adsorpce na povrchu vlákna (někdy ne dál)
fyzikální (nelokalizovaná)
chemická (lokalizovaná na vazná místa)

c) absorpce, difúze hmotou vlákna
transport penetrantů do vláken
zadržování penetrantů na specifických místech ve
vlákně a vytvoření vazby s vláknem

d) desorpce molekul penetrantu zpět do okolí (resp. na
druhou stranu bariéry)

e) část zůstává na povrchu a je transportována kapilárními silami

Transport tekutiny a tepla

- komplexní efekt
- prostup z místa s negativním gradientem tepla a vlhkosti
- dosažení rovnováhy

Tepelné jevy při sorpci vody

- sorpce je exotermní proces = doprovázený vývinem tepla
- adsorpce = kondenzace na povrchu vláken
= uvolní teplo (při fázové změně z plynné na kapalnou fázi)
- absorpce = část vody transportována do vlákna (v amorfní fázi - tvorba sekundárních vazeb - ↑ uspořádanost systému a ↓ celkové energie.
Přebytečná energie se uvolní jako teplo.



Shrnutí – okruhy ke zkoušce

- Specifický charakter vláken (molekulární a nadmolekulární struktura, vlastnosti – anizotropie, viskoelastická deformace, organoleptické charakteristiky)
- Specifický charakter vláken (molekulární a nadmolekulární struktura, sorpční vlastnosti – odsorpce, absorpce, kapilarita, hydrofobita, hydrofilita, ...)