

# **PŘÍRODNÍ POLYMERY**

## **Polyterpeny**

## **PŘÍRODNÍ KAUČUK**

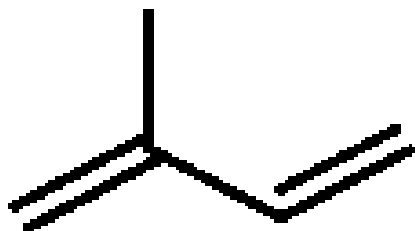
**RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.**

**UČO:29716**

# Časový plán

LEKCE	téma
1	Úvod do předmětu - Struktura a názvosloví přírodních polymerů, literatura
2	Deriváty kyselin, - přírodní pryskyřice, vysýchavé oleje, šelak
3	Vosky
<b>4</b>	<b>Přírodní gummy, Polyterpeny – přírodní kaučuk, získávání, zpracování a modifikace</b>
5	Polyfenoly – lignin, huminové kyseliny
6	Polysacharidy I – škrob
7	Polysacharidy II – celulóza
8	Bílkovinná vlákna I
9	Bílkovinná vlákna II
10	Kasein, syrovátka, vaječné proteiny
11	Identifikace přírodních látek
12	Laboratorní metody hodnocení přírodních polymerů

# Isopren – základní jednotka TERPENOIDŮ



Systematický název	2-methyl-buta-1,3-dien
Ostatní názvy	2-methyl-1,3-butadien
<u>Sumární vzorec</u>	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>

## TERPENOIDY – HLAVNÍ SLOŽKY PRYSKYŘIC (přednáška č. 2)

OZNAČENÍ	POČET UHLÍKŮ	SKUPENSTVÍ za normální teploty (tj. 23 °C)
<b>Monoterpenoid</b>	<b>10</b>	<b>kapalina</b>
<b>SESQUITERPENOID</b>	<b>15</b>	<b>kapalina</b>
<b>Diterpenoid</b>	<b>20</b>	<b>Pevná látka</b>
<b>TRITERPENOID</b>	<b>30</b>	<b>Pevná látka</b>

Trochu terminologie je nutné

**POLYTERPENY = POLYISOPRENY**

**Kaučuk > vulkanizace > PRYŽ**

***Rubber > Vulcanization > Vulcanized Rubber***

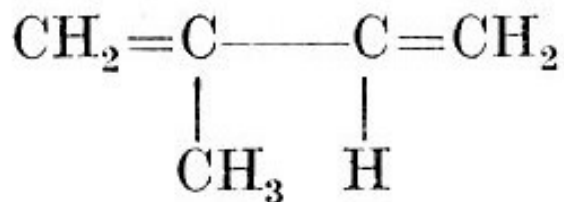
**PŘÍRODNÍ GUMY = POLYSACHARIDY =  
KLOVATINY (lepidlo UMĚLÁ  
KLOVATINA > z čeho to je?)**

**Kde se v češtině vzal výraz GUMA?**

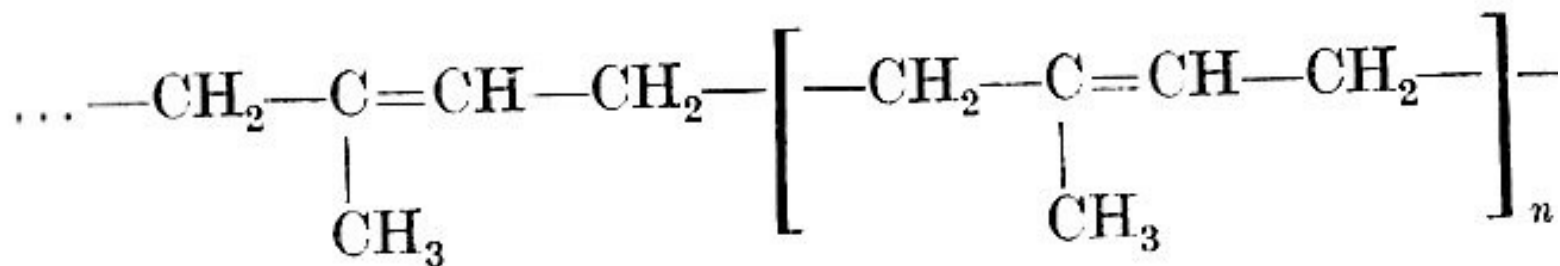
**Z německého GUMMI = PRYŽ**

**Kaučuk je německy Kautschuk**

Chemickým složením je přírodní kaučuk polymerem uhlovodíku izoprenu  $[C_5H_8]_n$  (2-metylbutadien):

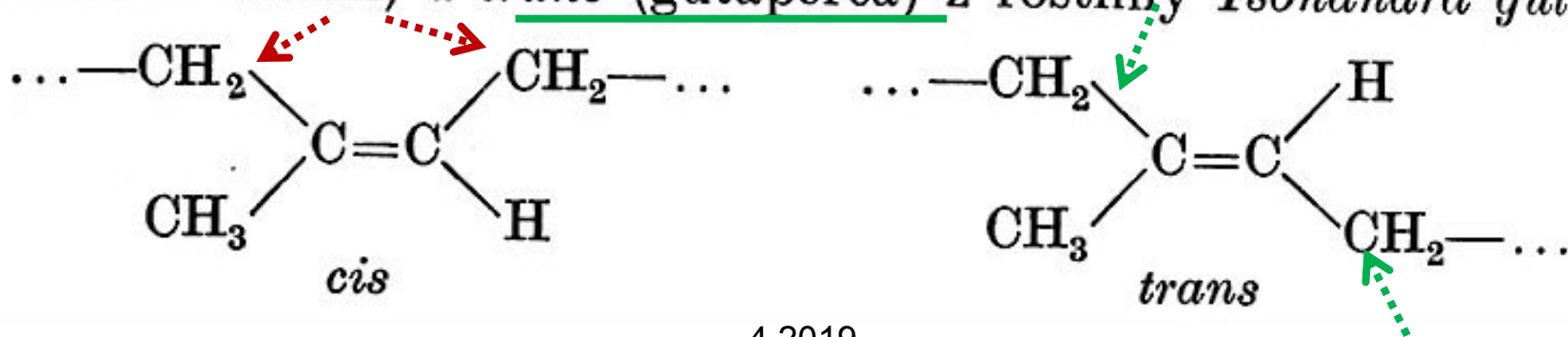


Strukturní vzorec polyizoprenu  $[C_5H_8]_n$  je

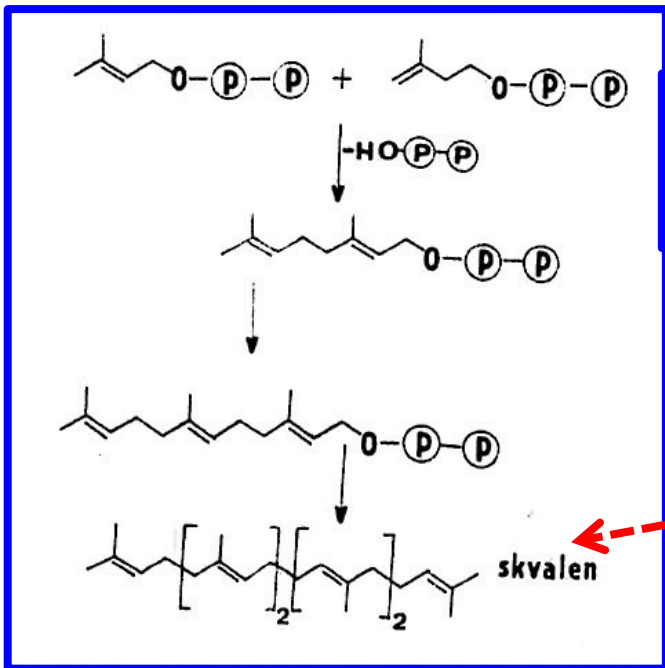


**cis -1,4 polyizopren - Označení se vztahuje k hlavnímu řetězci**

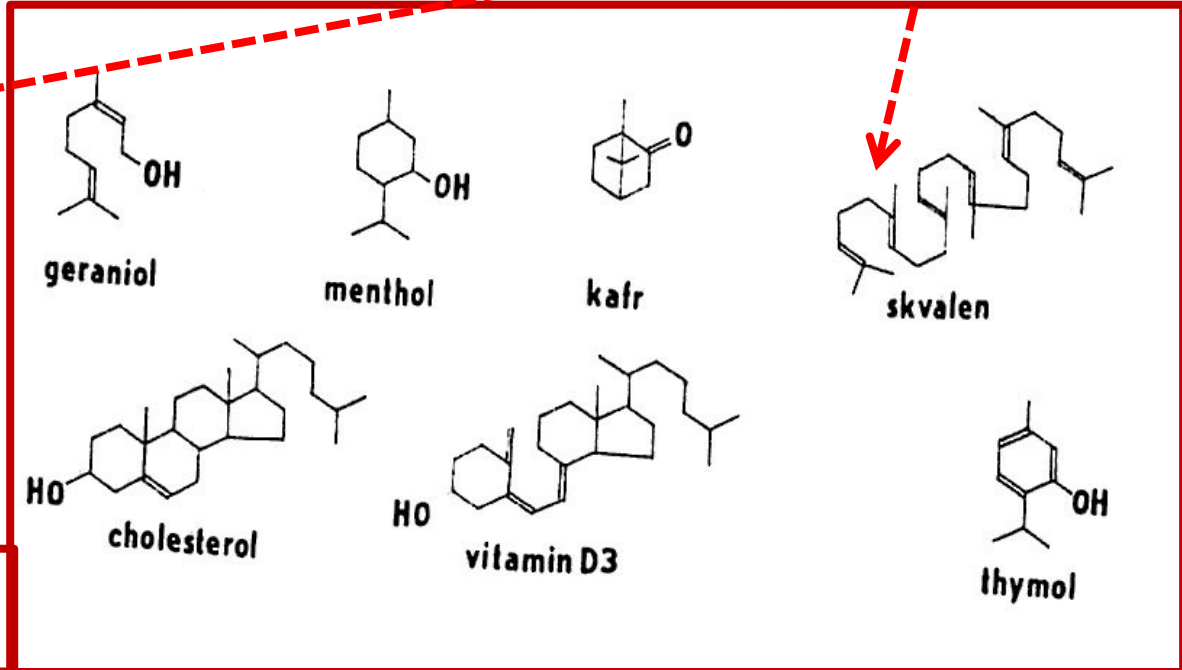
Polyizopren se vyskytuje ve dvou formách, a to ve formě *cis* (přírodní kaučuk) a *trans* (gutaperča) z rostliny *Isonandra gutta*.



# TŘÍSTUPŇOVÁ enzymatická syntéza TERPENOIDŮ



**KONDENZACE „hlava – pata“ dvou jednotek „AKTIVNÍHO“ ISOPRENU**



**TERPENOIDY**

# POLYTERPENY = POLYISOPRENY

## Výskyt v přírodě

- Jsou obsaženy v cca. 2000 rostlinách z různých geografických oblastí
- Stromy, keře, byliny
- **NEJDŮLEŽITĚJŠÍ JE STROM:**  
***kaučukovník *Hevea brasiliensis****
- **NADĚJNÁ BYLINA:** ***Taraxanum koksagyz (s ním bylo experimentováno i na VÚMCH, nyní PIB a políčka byla v Brně na Riviére)***

# SNAD historické snímky!



Obr. 2. Doprava přírodního latexu ke zpracování



Obr. 3. Srážení přírodního latexu



# **POLYTERPENY = POLYISOPRENY**

## **Získávání v přírodě**



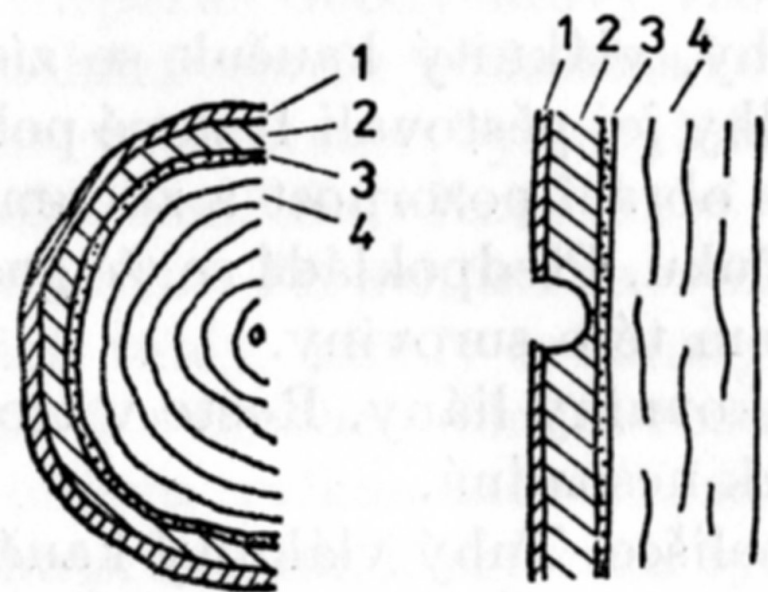
- **LATEX** (cca. 25 – 35 % kaučuku)
- Koagulace kyselinami (mravenčí, octová) > **KREPOVÝ KAUČUK**
- **SUŠENÍ NAD OHNĚM** > **UZENÝ KAUČUK**
- Kalandrování a stabilizace proti oxidaci a mikroorganismům
- **Expedice**



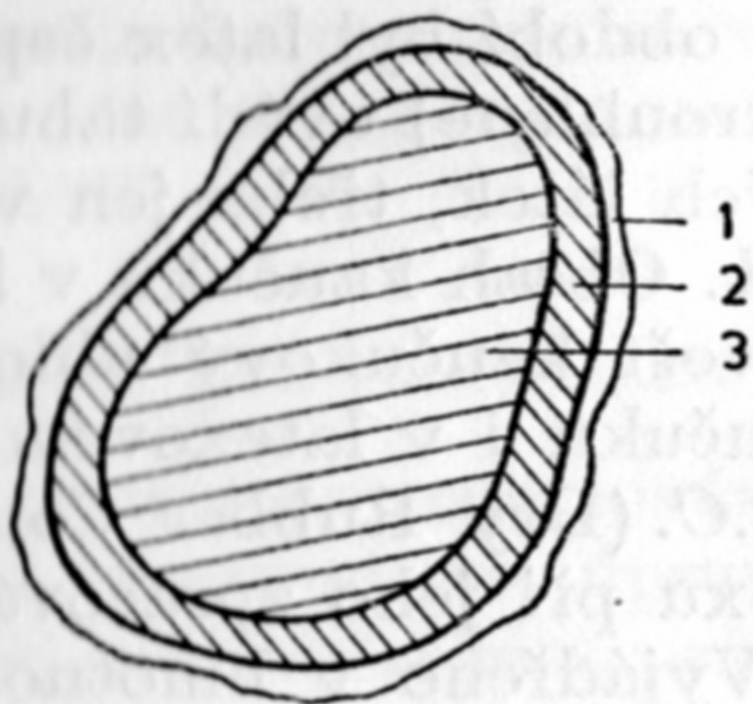
**Příroda, před  
milióny let, vyvinula  
proces  
SAMOHOJENÍ za  
využití elastomerů.**

**Řezy odběrných  
míst kaučukového  
LATEXU se tedy  
sami zhojí a stroj  
neumírá**

Nature, over millions of years, evolved self-healing processes using elastomers (like latex). (Source: Jingdong)



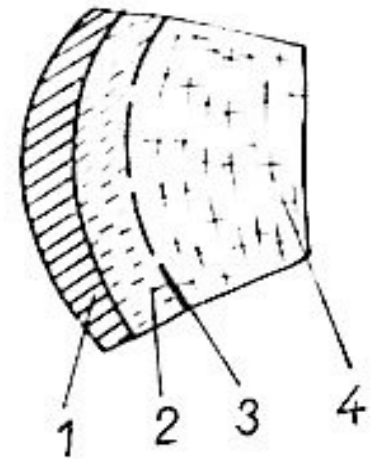
Obr. 2. Vrstvy v řezu kmene  
kaučukovníku brazilského  
1 — stará odumírající kůra, 2 — mladá  
kůra s mléčnicemi, 3 — kambium,  
4 — dřevo



Obr. 4. Složení kaučukové částice  
v latexu  
1 — bílkoviny a pryskyřice,  
2 — gel, 3 — sol

# **LATEX** (cca. 25 – 35 % kaučuku) z čeho se skládá

- **Kaučuk (cca. 25 – 35 %)**
- **Voda (60 – 75 %)**
- **Bílkoviny ( 2 %)**
- **Sacharidy**
- **Minerály**
- **Pryskyřice**



Obr. 1. Řez kmenem,  
kaučukovníku  
1 — stará kůra,  
2 — nová kůra s latexem,  
3 — kambium, 4 — dřevo

**UZENÝ  
KAUČUK**

**KREPOVÝ  
KAUČUK**

Tabulka 1. Složení přírodního kačuku

	Rozmezí hodnot	Střední hodnoty	
		Smoked sheets	Crepes
Voda [hmotn. %]	0,3 — 1,12	0,61	0,42
Acetonový extrakt [hmotn. %]	2,5 — 3,2	2,90	2,70
Bílkoviny [hmotn. %]	2,5 — 3,5	2,80	2,80
Popeloviny [hmotn. %]	0,15 — 0,9	0,38	0,30
Kaučuk [hmotn. %]	92 — 94	93,80	93,60
Chloridy [hmotn. %]	0,002 — 0,01	0,006	0,003
Strany [hmotn. %]	0,02 — 0,05	0,03	0,04
Steroly [hmotn. %]		0,50	0,50
Vyšší mastné kyseliny [hmotn. %]		1,40	1,10
Měd [ppm]	2 — 10	5	4
Mangan [ppm]	0,8 — 4	1,5	1

*Tabulka 6.* Složení přírodního latexu

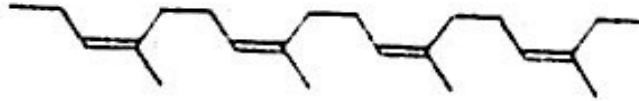
Složka	Obsah hmotn. %
kaučukový uhlovodík	35
voda	60
bílkoviny	2
pryskyřice a mastné kyseliny	1,8
anorganické sloučeniny a jiné složky	1,2

*Tabulka 7.* Závislost hustoty a viskozity přírodního latexu na obsahu kaučukového uhlovodíku

Obsah kaučukového uhlovodíku hmotn. %	Hustota kg m <sup>-3</sup>	Viskozita mPa s
20	996	2,5
30	983	4,0
40	972	5,5
50	959	7,5
60	948	27,0
63		53,0

# POLYTERPENY = POLYISOPRENY IZOMERY

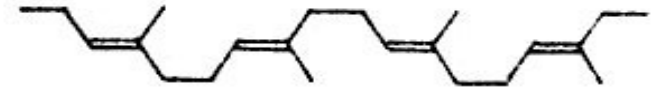
**cis**



## **Přírodní kaučuk**

- **Vulkanizuje**
- **Málo odolný proti oxidaci (atmosférickému stárnutí)**
- **Elastický za normální teploty**

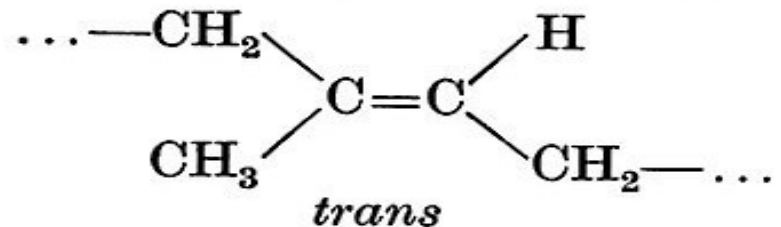
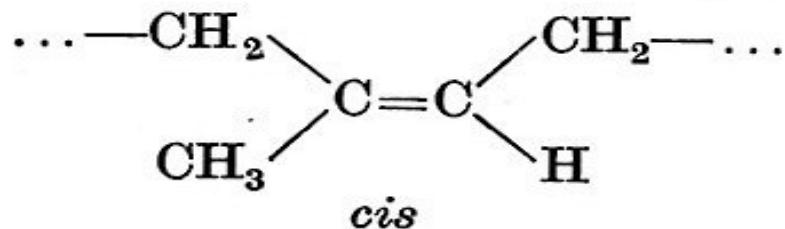
**trans**



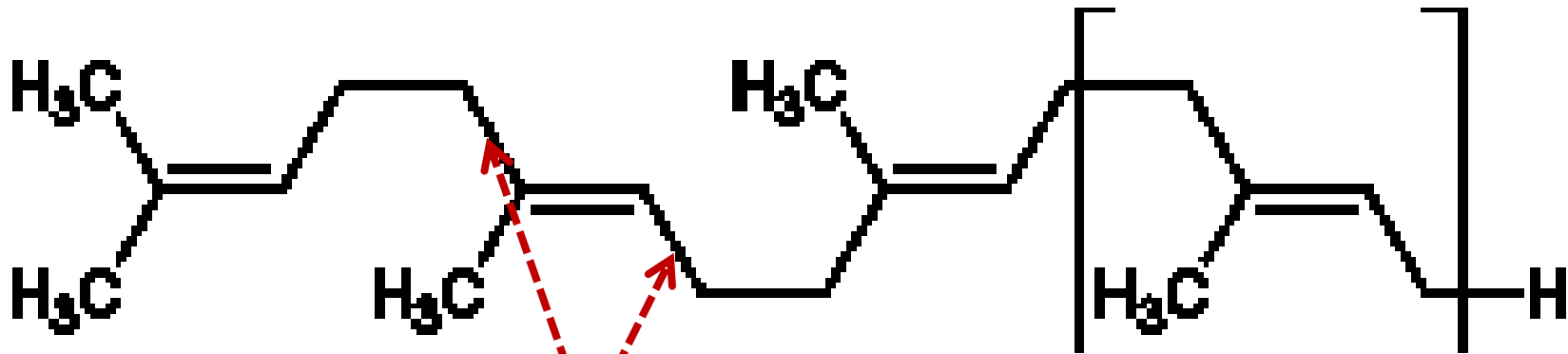
## **Gutta (*GUTTAPERČA*)**

- **Nevulkanizuje**
- **Odolnější proti oxidaci (atmosférickému stárnutí)**
- **Není elastický za normální teploty**
- **Měkne a je elastický nad cca. 50 °C**
- **TERMOPLAST**
- **Z JINÉ ROSTLINY NEŽ PŘÍRODNÍ KAUČUK!**

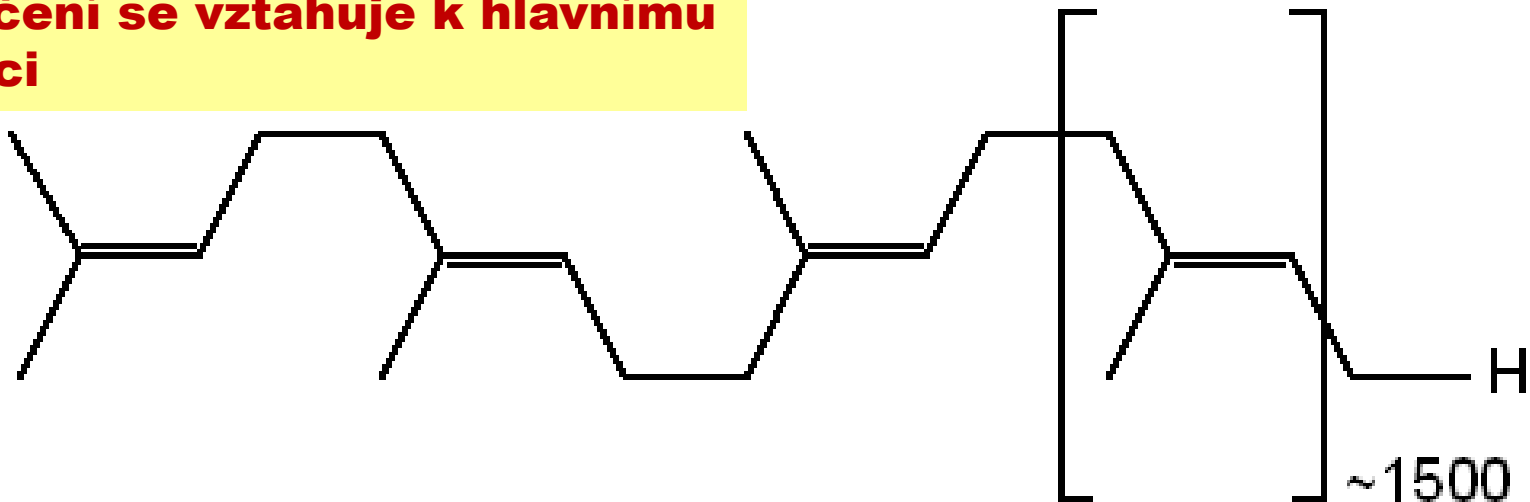
Polyizopren se vyskytuje ve dvou formách, a to ve formě *cis* (přírodní kaučuk) a *trans* (gutaperča) z rostliny *Isonandra gutta*.



# GUTAPERČA - různá prezentace hlavního řetězce v literatuře



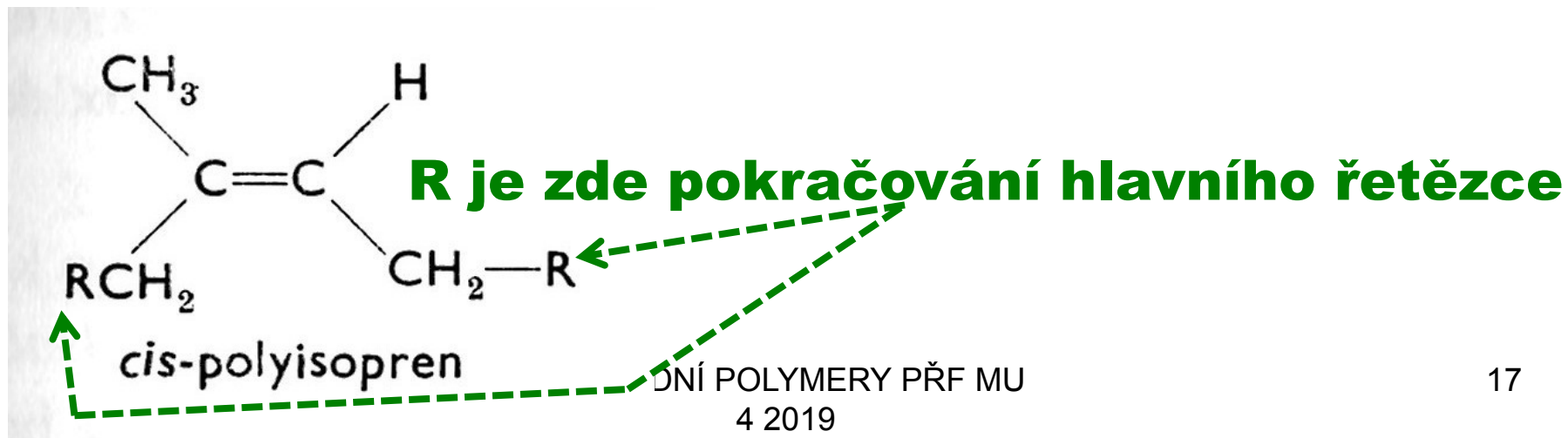
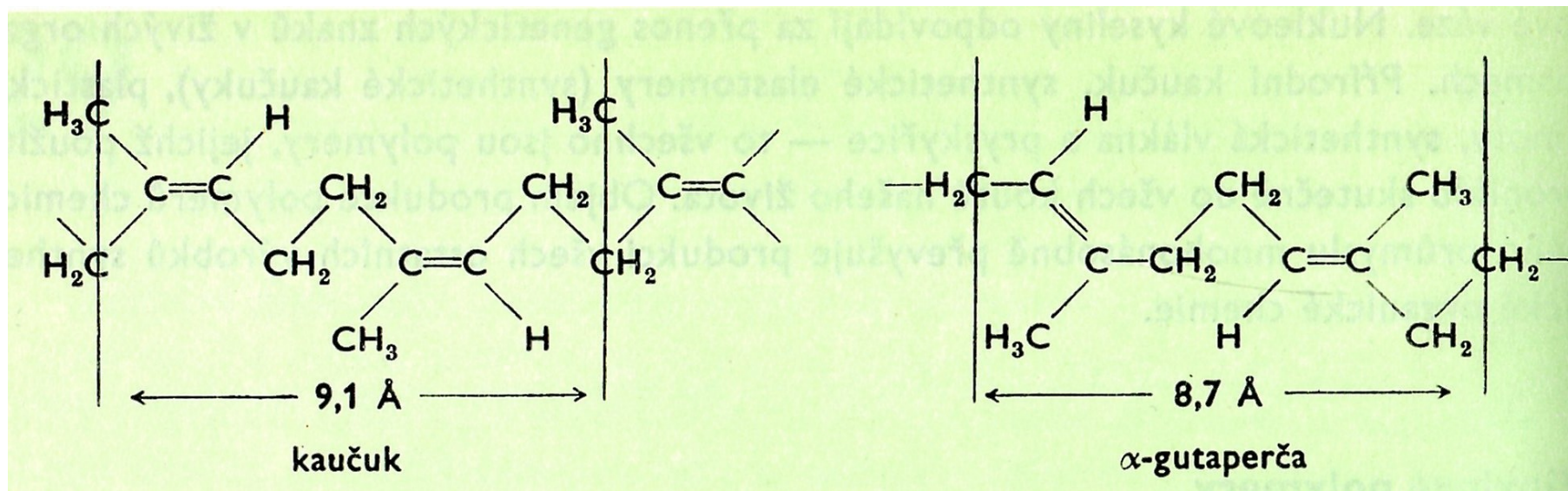
**trans-1,4 polyizopren**  
**Označení se vztahuje k hlavnímu řetězci**

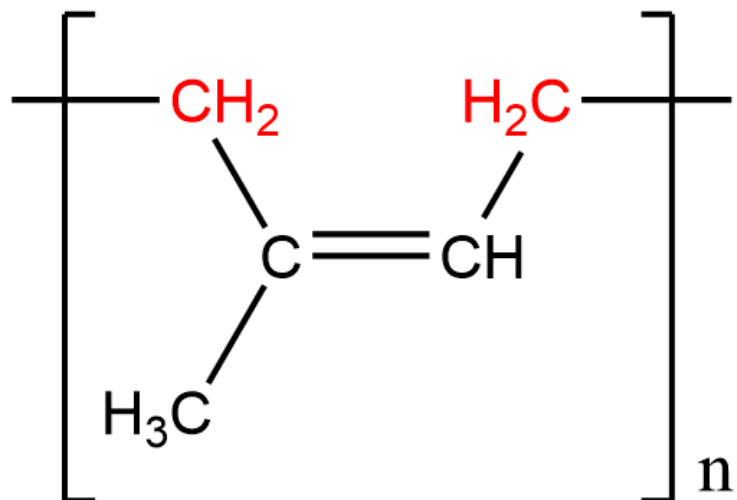




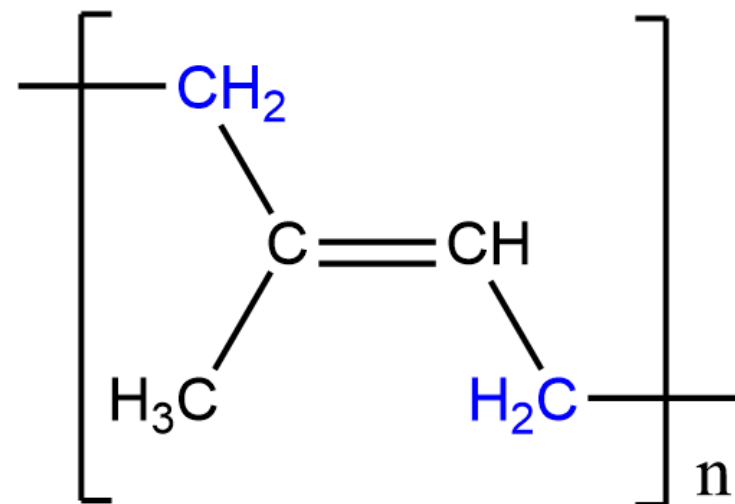
# GUTAPERČA versus PŘÍRODNÍ KAUČUK

## různá prezentace hlavního řetězce v literatuře





*přírodní kaučuk*  
*(Z)-polyisopren*



*gutaperča*  
*(E)-polyisopren*

*trans*-Forma polyisoprenu se rovněž vyskytuje v přírodě; je známa jako gutaperča nebo balata. Jako gutaperča se označuje produkt získaný z latexu různých stromů druhu *Dichopsis*, řád *Sapotaceae*, rostoucích v Malajsii. Gutaperča obsahuje asi 80 % poly-1,4-*trans*-isoprenu a zbytek pryskyřice a používala se dříve pro izolaci podmořských kabelů. Balata je pak produkt získaný z latexu rostliny *Mimusops globosa* rostoucí ve Venezuele a obsahuje 50 až 60 % poly-1,4-*trans*-isoprenu, zbytek tvoří pryskyřice. Používala se pro výrobu golfových míčků. Poly-1,4-*trans*-isopren je krystalický, neboť konfigurace *trans* usnadňuje dobré uložení polymerních řetězců. Existuje ve formě  $\alpha$  (planární), termodynamicky stabilní, u níž byla zjištěna perioda identity 0,87 nm a bod tání 74 °C. Zahřátím nad teplotu 68 °C a rychlým ochlazením přechází ve formu  $\beta$  (neplanární), s periodou identity 0,48 nm a bodem tání 64 °C.

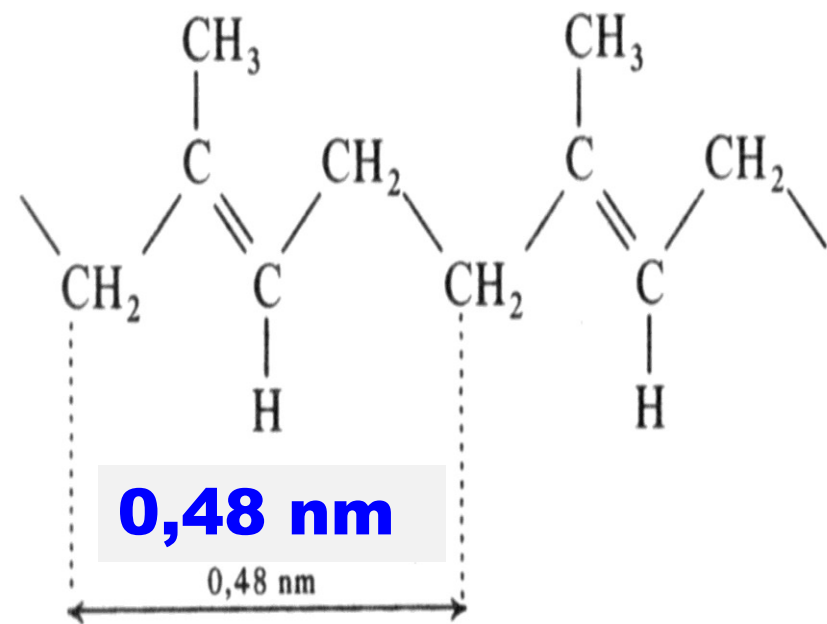
# $\alpha$ versus $\beta$ GUTAPERČA

## $\beta$ GUTAPERČA

- Zahřáním nad cca. 68 °C a prudkým ochlazením vzniká z

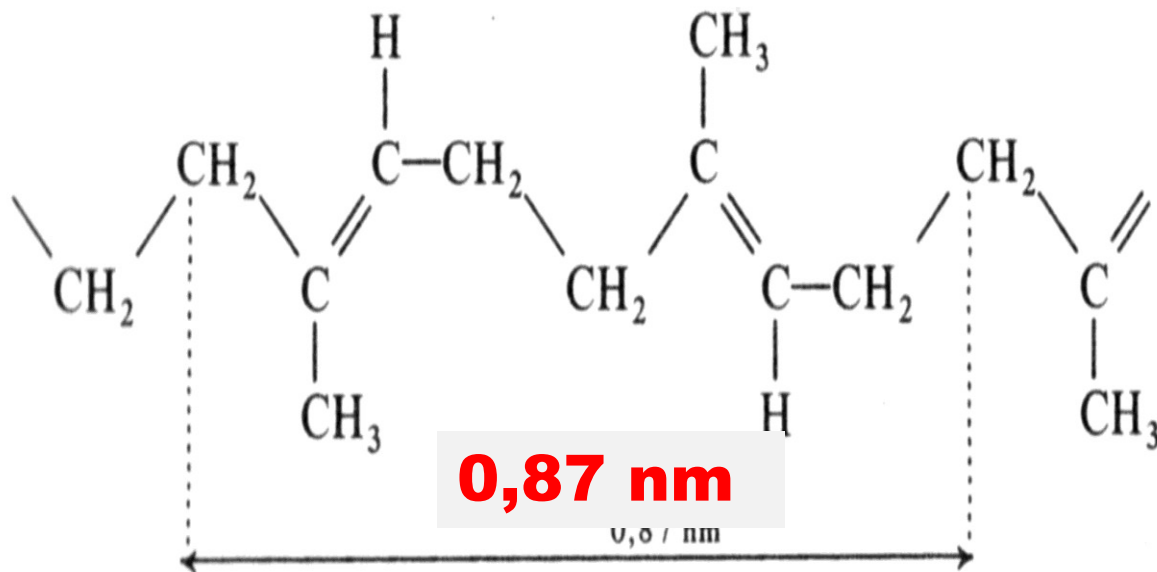
## $\alpha$ GUTAPERČI

- Má b.t. cca. 64 °C



## $\alpha$ GUTAPERČA

- Cca. 80 % trans izomeru, zbytek jsou různé pryskyřice
- Je PLANÁRNÍ & SEMIKRYSTALICKÁ, b.t. cca. 74 °C



# GUTAPERČA versus BALATA

- **BALATA** je velmi podobná **GUTAPERČI**, ale jen fyzikálními vlastnostmi, ne **chemicky**
- **BALATA** je měkčí > byla používána do **žvýkaček**, nyní syntetické náhražky
- Nyní má jen (**ZATÍM**) **okražový a klesající využití**

***Manilkara bidentata*** is a species of Manilkara native to a large area of northern South America, Central America and the Caribbean. Common names include bulletwood, **balatá**, ausubo, massaranduba, and (ambiguously) "cow-tree".

**Balatá** is a large tree, growing to 30–45 m (98–148 ft) tall.

**Its latex is used industrially for products such as**

**CHICLE** is a NATURAL GUM >

**POLYSACHARID, nikoli POLYTERPEN!**

Polyisopreny *cis* a *trans* jsou kromě pryskyřičných látek přítomny v produktu chicle gum ze stromu *Achros sapota* rostoucího ve střední Americe. Používá se pro výrobu žvýkacích gum.

 **SYNONYMYMUM**

## **ZAPOTA OBECNÁ**

**Zapota obecná** či **sapodila obecná** (*Manilkara zapota*, existuje celá řada vědeckých synonymních názvů)

**Kmen rostliny, listy i nezralé plody obsahuje bílý latex, který se zachycuje podobně jako kaučuk, nazývá se chicle a vyrábějí se z něj především přírodní žvýkačky.**



***Manilkara bidentata***

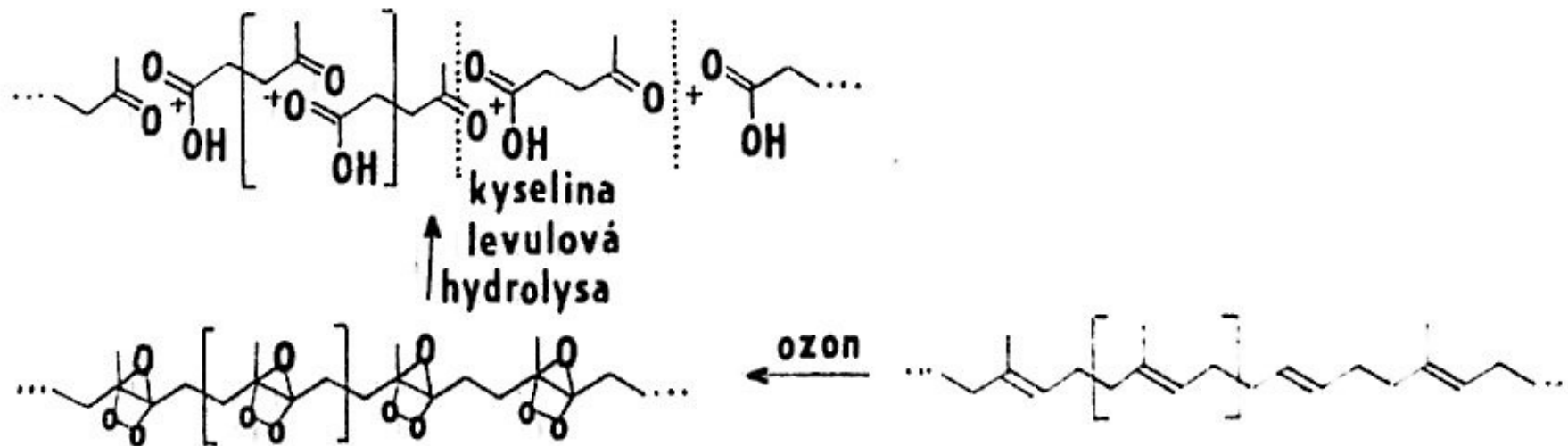
DL  
4 2019



***Manilkara zapota***

# POLYTERPENY = POLYISOPRENY

## Jak byla odhalena struktura



**Zde je toto demonstrováno na:**  
**Trans > GUTAPERČA**



Nejdůležitější vlastností kaučuku je kaučuková elastičnost, která je po kaučuku i nazvána. Při natahování dochází k orientaci molekul a vytváření vláknité textury. Ochladíme-li nenatažený a natažený kaučuk v kapalném vzduchu a vzorky potom rozbijeme, vznikne z nenataženého kaučuku drť, z nataženého vlákna. V amorfním stavu jsou makromolekuly neuspořádané, natahováním se lépe orientují a vytvářejí krystalické oblasti. Po skončení působení deformační síly přejde materiál opět v amorfní stav, poněvadž slabé van der Waalsovy síly uhlovodíků nepostačí k udržení krystalinity.

# ZPRACOVÁNÍ PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

## Před vulkanizací

- **„Lámání kaučuku“** – štěpení řetězců na kratší působením mechanické energie a kyslíku
- **Přidání dalších složek a prohnětení (homogenizace):**
  - Plniva (hlavně saze, amorfni  $\text{SiO}_2$ , .....)
  - Změkčovadla
  - Pigmenty,
  - Antioxidanty a antiozonanty
  - **Vulkanizační činidla (síra, urychlovače, ...)**
  - Maziva

# ZPRACOVÁNÍ PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

## Jedno typické složení směsi

Složka	Díly	Účel
PŘÍRODNÍ KAUČUK	40	
Syntetický kaučuk 1	30	Modifikace vlastností
Syntetický kaučuk 2	30	Modifikace vlastností
<b>ZnO</b>	3 – 4	Urychlovač vulkanizace
Kyselina stearová	2	Mazivo
Saze ztužující	30	Modifikace vlastností
Změkčovaadlo	4	Modifikace vlastností
Síra	2 – 3	Vulkanizace (sít'ování)
Antioxidant, antiozonant	1,5	Ochrana proti stárnutí vlivem kyslíku a ozónu

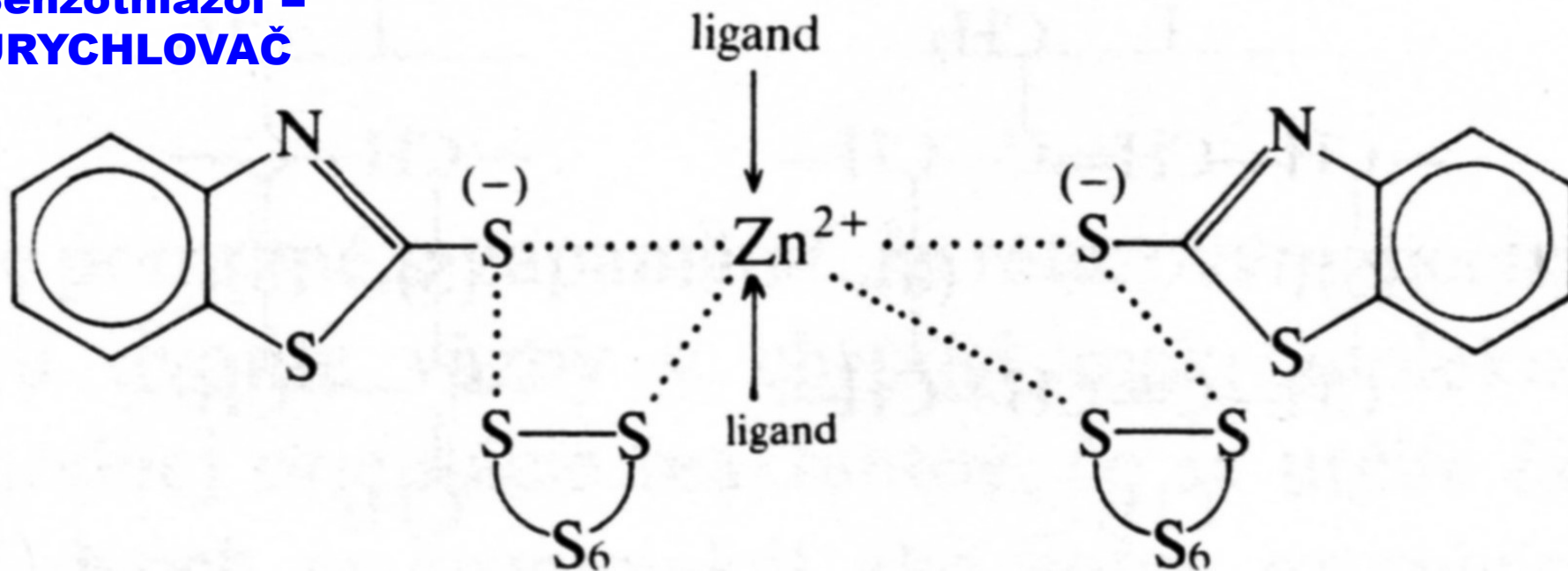
**Lidé od kaučuku a PVC většinou nepracují s %, ale s DÍLY!**

# ZPRACOVÁNÍ PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

## Možná role $Zn^{2+}$ jako AKTIVÁTORU VULKANIZACE

$Zn^{2+}$  =  
AKTIVÁTOR

Benzothiazol =  
URYCHLOVAČ

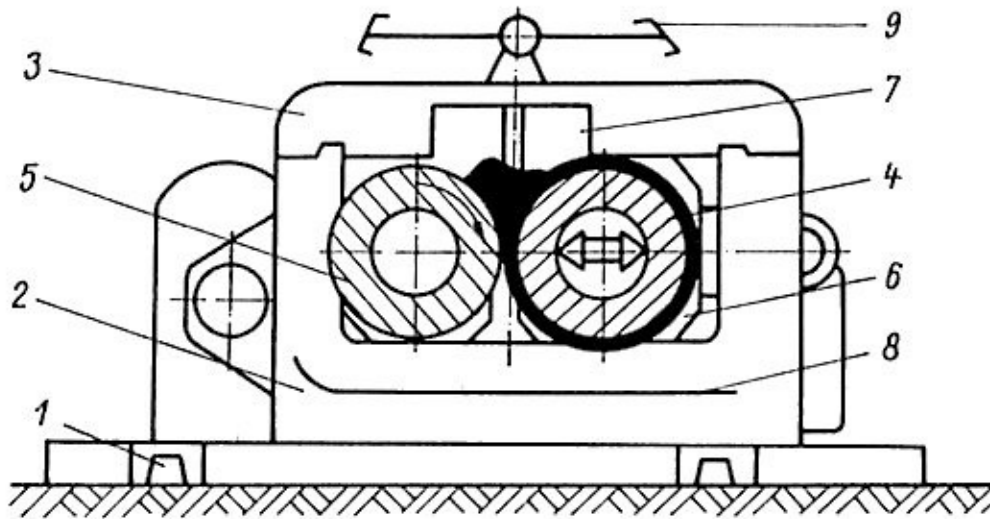


# Co jsem já dělal zajímavého

## PODKLADY PRO SOUDNÍHO ZNALCE

- černá skvrna na kapotáži závodní motorky
- **JE TO OD ASFALTU NEBO OD PNEUMATIKY?**
- **SEM + EDX** analýzy prvků ve skvrně
- „Po čem jsem šel“
  - síra (vulkanizace)
  - ZINEK (vulkanizační urychlovače jsou na bázi zinku)
- **VÝSLEDEK: je to od asfaltu, nebyla tam síra ani zinek**

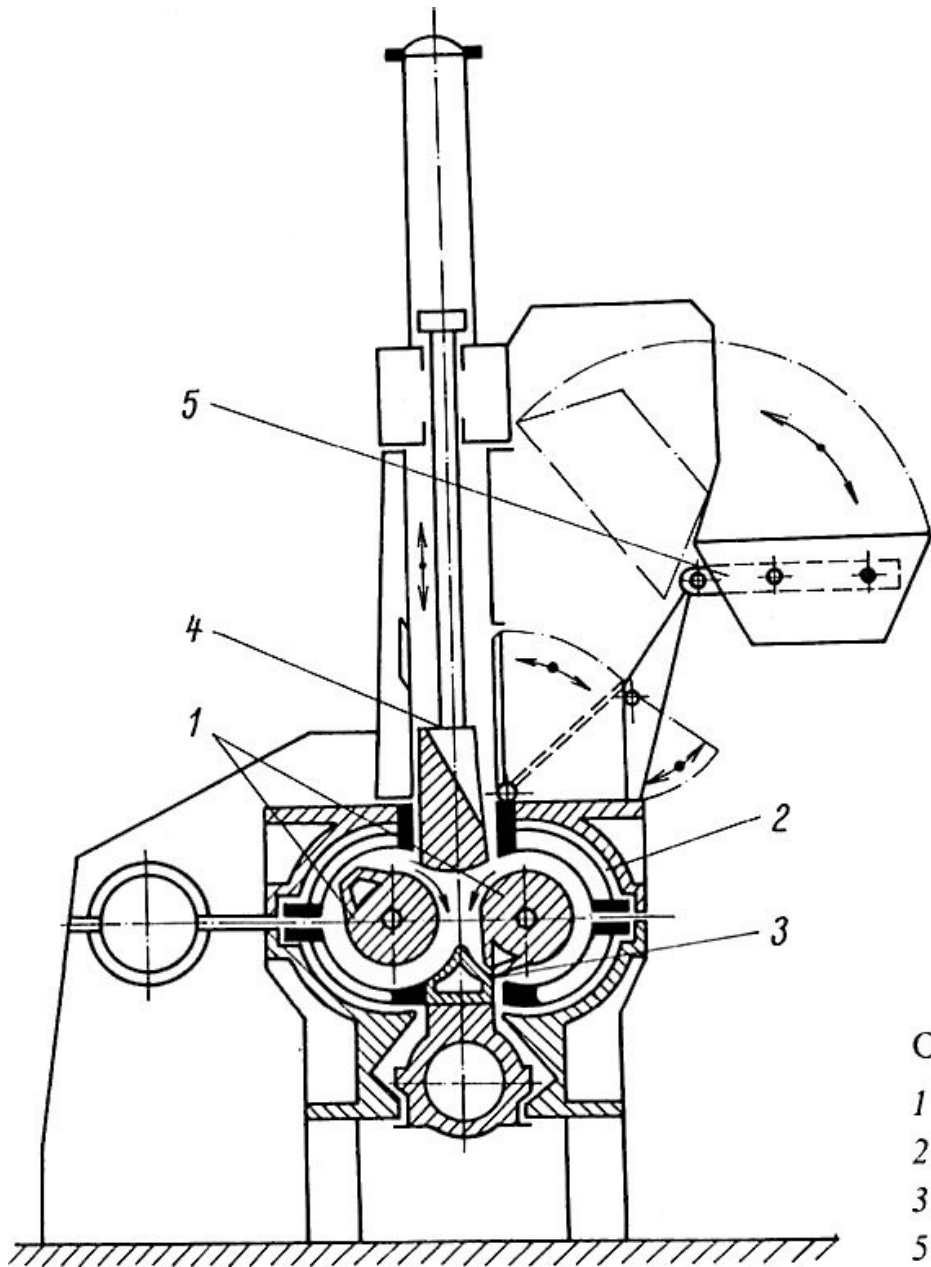
# Dvouválec



Obr. 4. Schéma míchání směsí na dvouválci

1 – základní rám,  
2 – postranice, 3 – třmen,  
4 – přední stavitelný válec,  
5 – zadní válec s hnacím  
ústrojím, 6 – ložiskové těleso,  
7 – stírací deska, 8 – vana,  
9 – tyč pro nouzové  
zastavení stroje

# BUNBARY (vynálezce stroje) Hnětič



Obr. 10. Hnětací stroj

- 1 – hnětadla,
- 2 – hnětací komora,
- 3 – uzávěr, 4 – beran,
- 5 – násypka

# PŘÍRODNÍ KAUČUK je nejdéle využívaným UHLOVODÍKOVÝM POLYMEREM!

1736 — Francouz Condemine zaslal do Evropy první vzorky kaučuku. Jiný Francouz, Fresneau, provedl chemický rozbor latexu, jak byla později kaučuková šťáva nazvána. Zjistil, že latex je na vzduchu nestálý a dosti rychle se sráží.

1791 — kaučukem rozpuštěným v terpentýnové silici se impregnoval textil (první patent v oboru zpracování přírodního kaučuku).

1811 — ve Vídni byla založena první továrna na zpracování přírodního kaučuku v Evropě.

1820 — Angličan Hancock navrhl zařízení, tzv. mastikátor, na hnětení kaučuku.

1823 — Angličan Mackintosh zavedl solventní naftu jako levné rozpouštědlo kaučuku a získal patent na výrobu zdvojevaného textilu, slepovaného roztokem kaučuku.

1839 — Američan Goodyear objevil vulkanizaci kaučuku sírou za tepla.

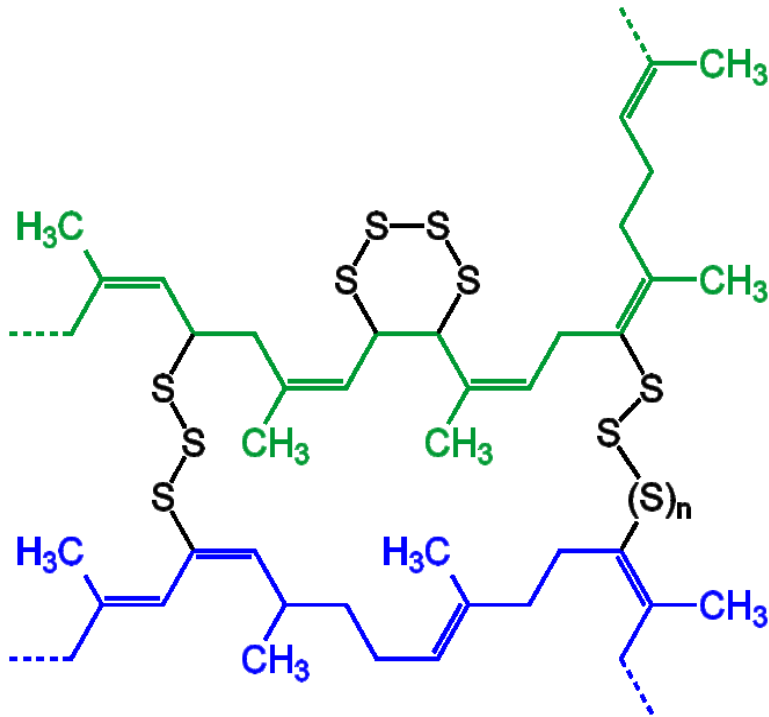
1844 — Angličan Hancock objevil nezávisle vulkanizaci kaučuku sírou (měl k dispozici Goodyearovy vzorky zvulkanizovaného kaučuku). Od něho také pochází termín vulkanizace.



# **Různé popisy VULKANIZACE** **následující tři snímky**

# VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

## Elementární sírou 1



Směsi s PŘÍRODNÍM KAUČUKEM se VULKANIZUJÍ při teplotách 150 – 180 °C. Syntetické kaučuky se VULKANIZUJÍ při teplotách 180 – 220 °C

**VULKANIZACE VĚTŠINOU NEJDE PŘES ZREAGOVÁNÍ DVOJNÉ VAZBY, TA SE VĚTŠINOU ZACHOVÁ > CITLIVOST NA OZÓN**

# VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

## Elementární sírou 2

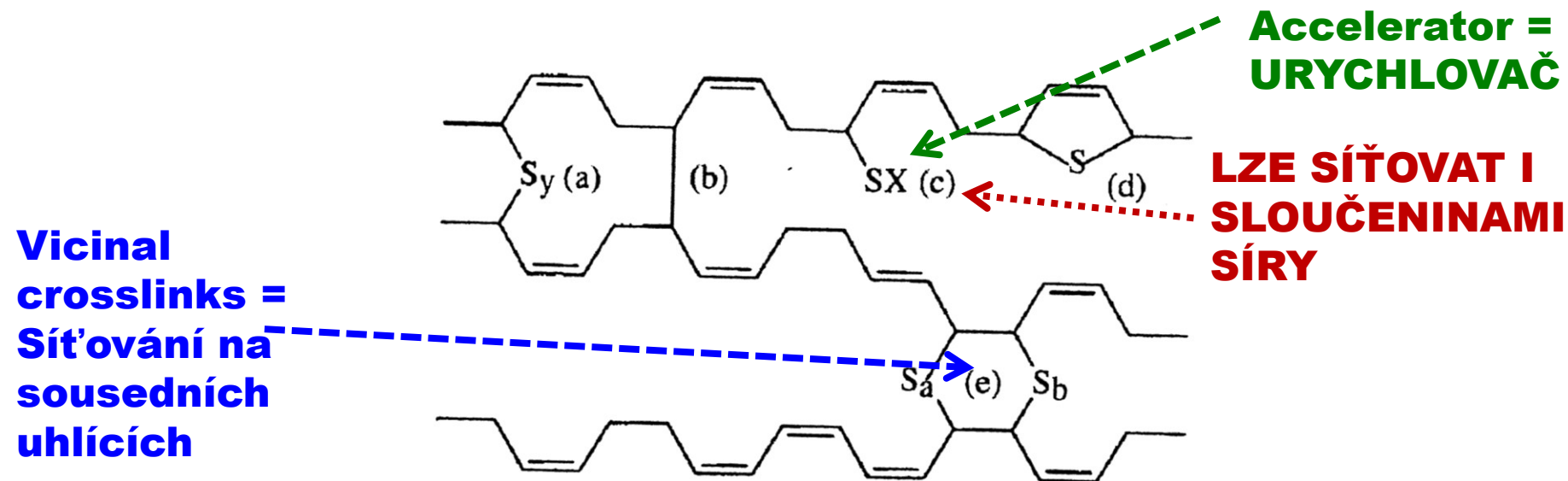


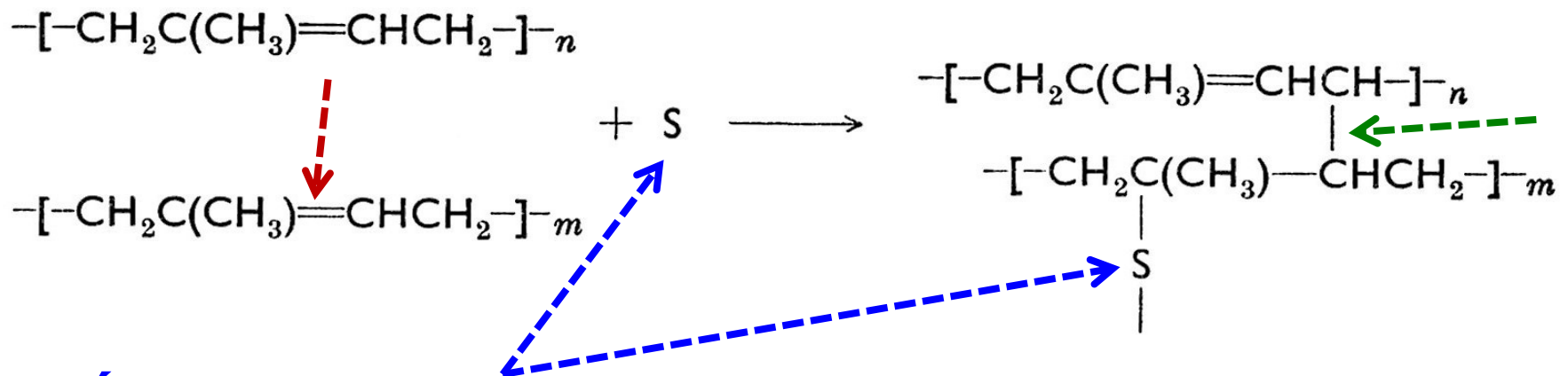
FIG. 2. — Various chemical structures encountered in accelerated sulfur vulcanization. (a) sulfur crosslinks ( $y = 1$  mono,  $y = 2$  di and  $y > 2$  polysulfide crosslinks); (b) carbon-carbon crosslink; (c) pendant accelerator sulfide where  $X$  is the accelerator moiety; (d) cyclic sulfide; and (e) vicinal crosslinks that have junction points at common olefin chains and constitute only one elastically effective crosslink. Figure adapted from Nieuwenhuizen *et al.*<sup>3</sup>

**Pouze toto sesít'ování tvoří elastické (pružné) chování**

# VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

## Elementární sírou 3

Tady uvažují i vazbu C-C, na kterou se „spotřebovala“ jedna dvojná vazba, což není obvyklé!



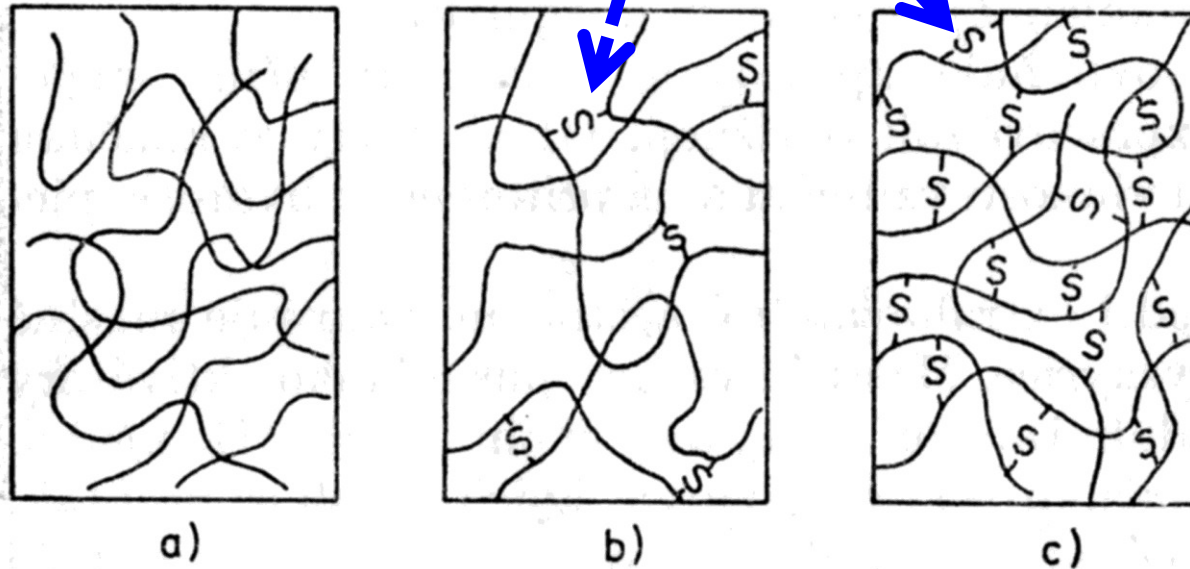
**SÍRA** jako atom je napsána jen pro zjednodušení

MŮŽETE SE TEDY SETKAT S RŮZNÝMI ZÁPISY VULKANIZACE, KDE ASI SPRÁVNÉ JSOU NA DVOU PŘEDEŠLÝCH SNÍMCÍCH

# VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

## Elementární sírou 4

**Síra není jeden atom, ale  
ŘETĚZECH ATOMŮ SÍRY**

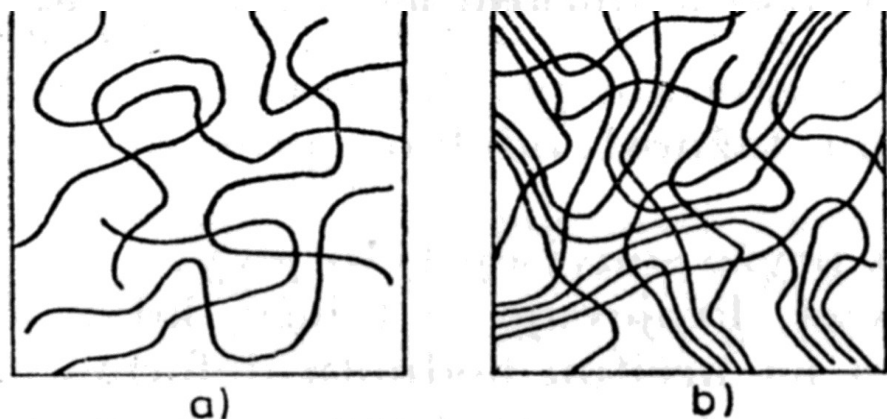


Obr. 7. Struktura kaučuku  
a pryže  
a — nezvulkanizovaný  
kaučuk, b — měkká pryž,  
c — tvrdá pryž

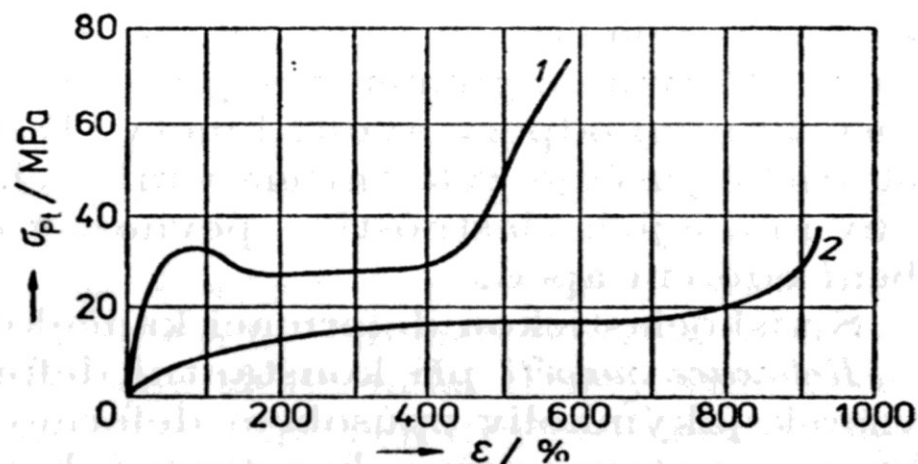
# KRYSTALIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Dobré předpoklady pro krystalizaci mají látky, které se mohou prodloužit o několik set procent bez porušení soudržnosti hmoty, látky s dlouhými

pravidelnými makromolekulami, např. přírodní kaučuk. Průběh jeho krystalizace zřetelně ukazuje deformační křivka (obr. 36). Po překonání počátečního odporu se makromolekuly více méně samovolně urovňávají a v tomto úseku stačí ke značnému prodloužení zcela malé zatížení. Jakmile se však dosáhne maxima orientace, odpor materiálu prudce vzroste a k dalšímu prodloužení je již zapotřebí značného zatížení. Uvolněním tahové síly nebo přetržením vzorku se krystalická struktura zruší.

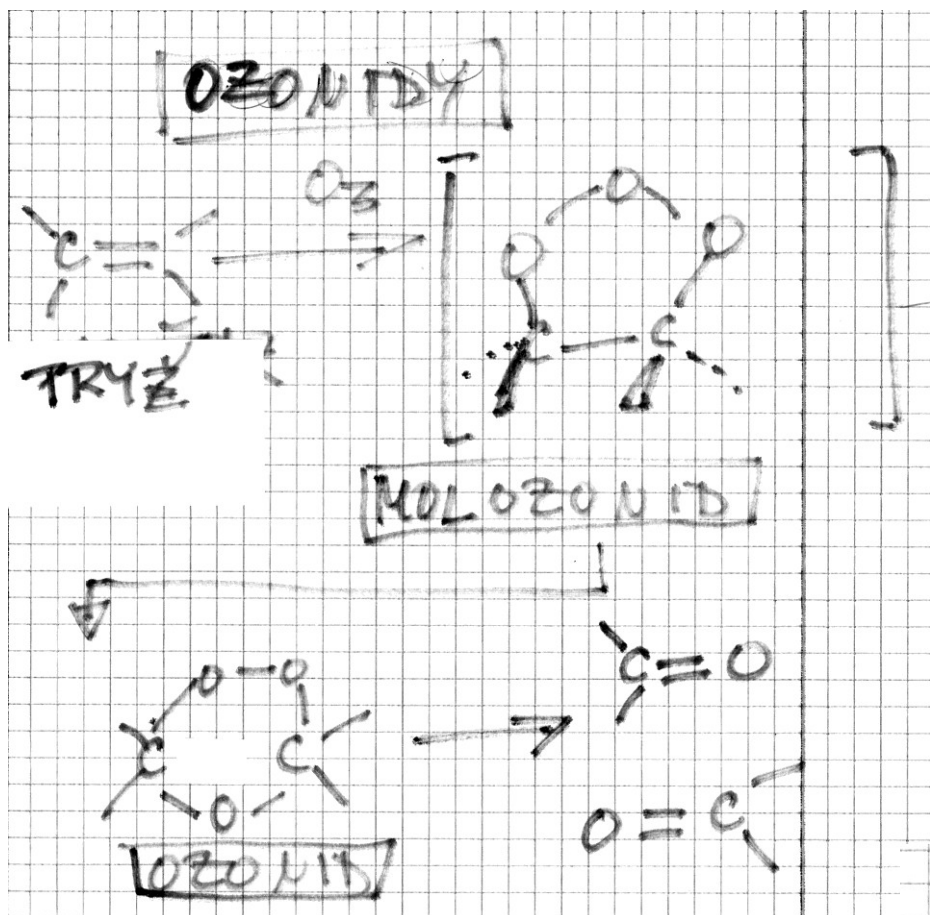


Obr. 35. Krystalizace makromolekulární látky  
a — struktura neorientovaná (amorfní),  
b — orientovaná částečně (krystalická)



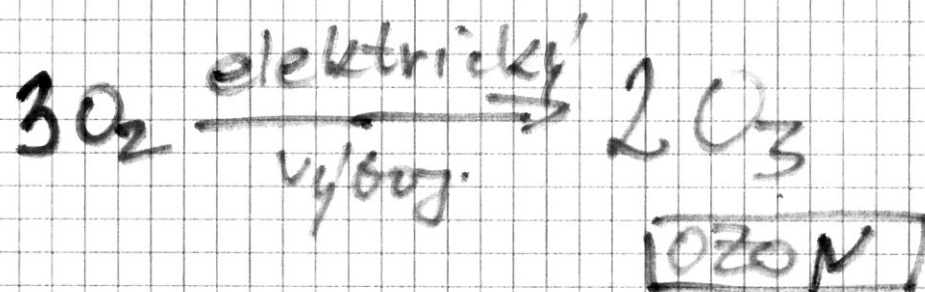
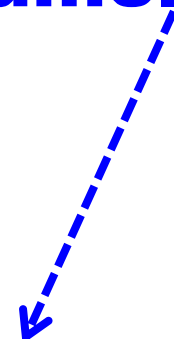
Obr. 36. Deformační křivky  
1 — polyamid, 2 — přírodní kaučuk,  
 $\sigma_{Pt}$  — pevnost v tahu,  $\epsilon$  — poměrné prodloužení

# Degradace kaučuku ozónem



**Ozón je přirozenou součástí ovzduší a vzniká např. při blesku (elektrický výboj v atmosféře)**

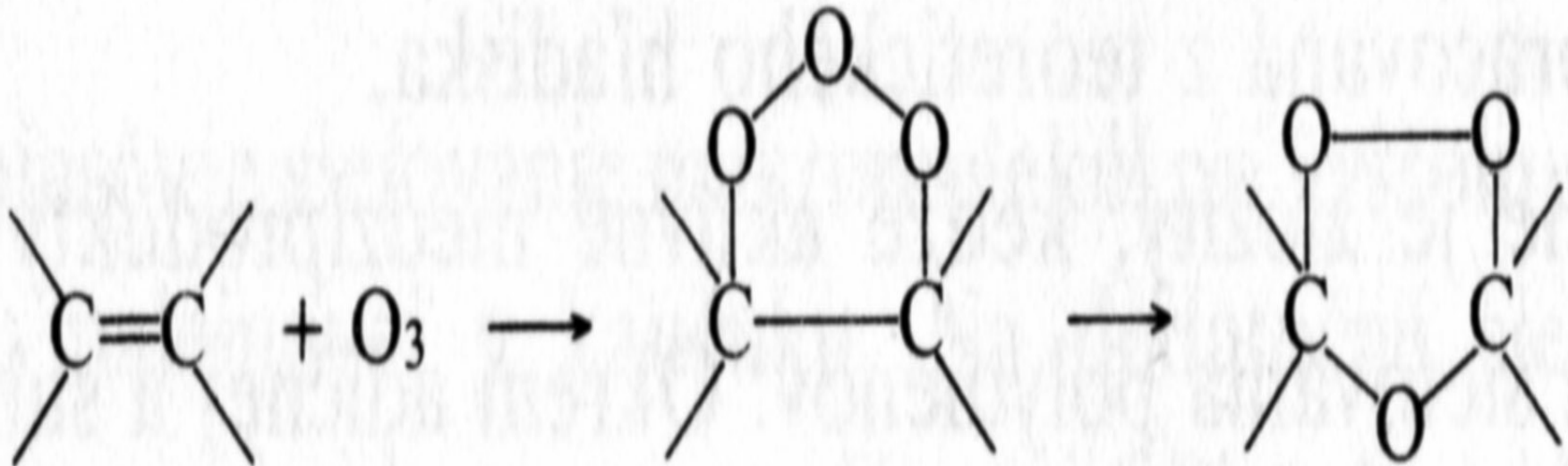
**Vzniká i uměle**



# Degradace kaučuku ozónem

Ozón je přirozenou součástí ovzduší a vzniká např. při blesku (elektrický výboj v atmosféře)

**ANTIOZONANT – látka chránící kaučuk a praxe před reakcí s ozónem, která je NEŽÁDOUCÍ**





# **VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU**

## **Sloučeninami síry**

**Charles GOODYEAR (1839) – vynálezce  
vulkanizace přírodního kaučuku sírou**

**OBSAHY SÍRY jsou 1 – 5 % (měkká  
pryž) až do 15 – 30 % (akuskříně)**

**OBSAHY SÍRY jsou 1 – 5 %  
(měkká pryž) až do 15 – 30 %  
(V MINULOSTI akuskříně)**

<b>Výrobek</b>	<b>Obsah kaučuku (% hmot.)</b>
Transparentní pryž, máčené zboží, pryžové nitě	Nad 80
Směsi na běhouny a kostry plášt'ů, cyklo, moto a auto duše, lehčená pryž, kabely elektro	50 – 80
Pryžová obuv, dopravníkové pásy, technická pryž (např. hadice, vlnovce, silentbloky	30 – 50
Akumulátorové skříně, podlahoviny, těsnění	< 30

# OBSAHY síry 30 % hmot. a více

## EBONIT

**Hard rubber was used in the cases of automobile batteries for years, thus establishing black as their traditional colour even long after stronger modern plastics like polypropylene were substituted.**

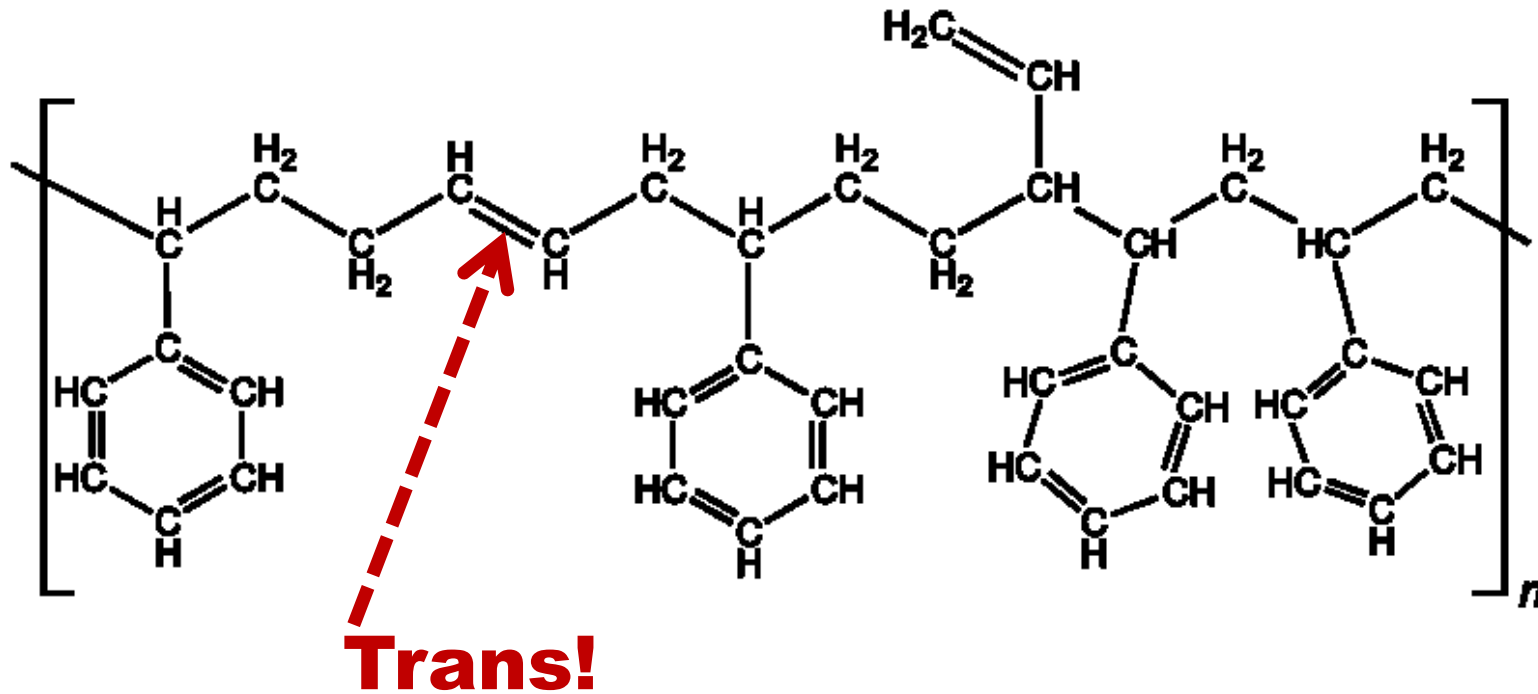
### **Třeme EBONITOVOU TYČ liščím ohonem ....**

It is also commonly used in physics classrooms to demonstrate static electricity because it is at or near the negative end of the triboelectric series.

# **PŘÍRODNÍ versus SYNTETICKÝ KAUČUK**

- Snahy o přípravu různých syntetických kaučuků trvají už více než 100 let a jsou úspěšné
- **Asi nejrozšířenější SYNTETICKÝ kaučuk je butadien-styrénový kaučuk**
- **PŘÍRODNÍ kaučuk je však stále nenahraditelný**
- **POLYMERACE izoprenu nedává jen cis-izomer > není náhradou přírodního kaučuku**
- **Směsi PŘÍRODNÍ & SYNTETICKÝ KAUČUK umožňují optimalizaci vlastností**

# butadien-styrénový kaučuk



## KRALEX® 1783

Styren-butadienový kaučuk – SBR

[www.synthosgroup.com](http://www.synthosgroup.com)

### VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA

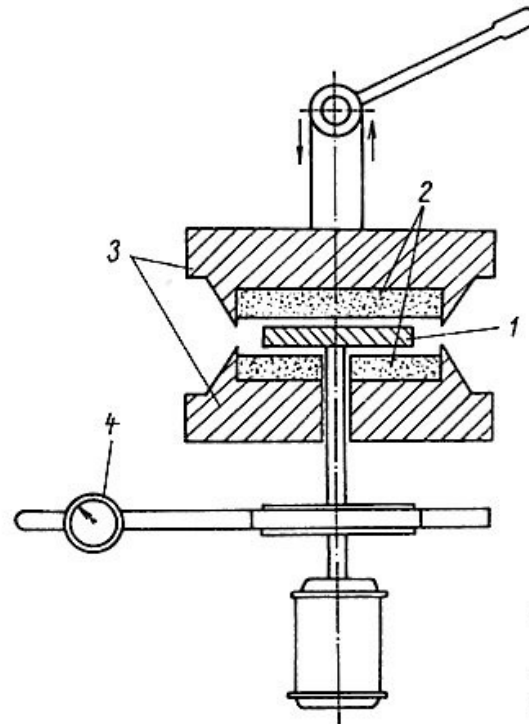
KRALEX® 1783 je standardní olejem nastavený typ styren-butadienových kaučuků vyráběný technologií studené emulzní kopolymerace na bázi směsi mýdel mastných a pryskyřičných kyselin. Typicky obsahuje 23,5% vázaného styrenu a je koagulovaný systémem kyselina a syntetický koagulant. Obsahuje 27% (37,5 dsk) nastavovacího oleje se sníženým obsahem polycyklických aromátů typu RAE a je stabilizovaný barvicím antioxidantem.

### ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI KAUČUKU

Parametry	Jednotka	Hodnota	Zkušební metoda
<b>Viskozita Mooney ML 1+4 (100°C)</b> <b>– kalandrovaný vzorek</b>		<b>°ML 44 - 54</b>	<b>ASTM D1646</b>
Obsah těkavých látek % hm.		max. 0,75	ASTM D5668
Obsah popela % hm.		max. 0,4	ASTM D5667
Obsah organických kyselin % hm.		3,6 - 5,4	ASTM D5774
Obsah mýdel % hm.		max. 0,3	ASTM D5774
Obsah oleje % hm.		25 - 29	ASTM D5774
Obsah vázaného styrenu % hm.		22,5 - 24,5	ASTM D5775

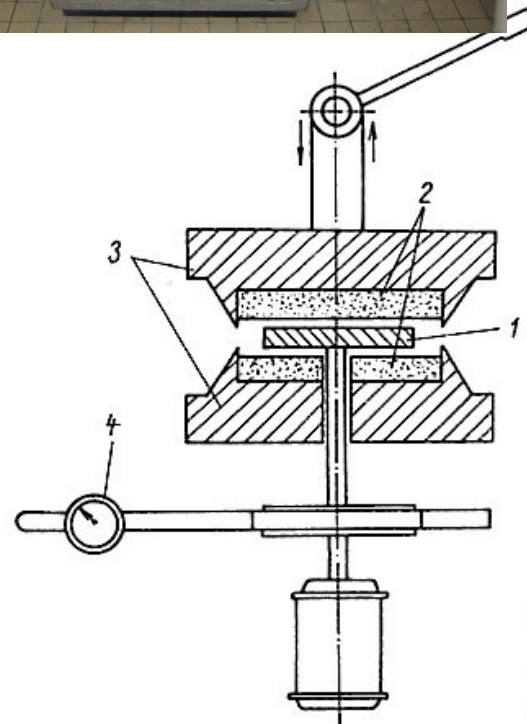
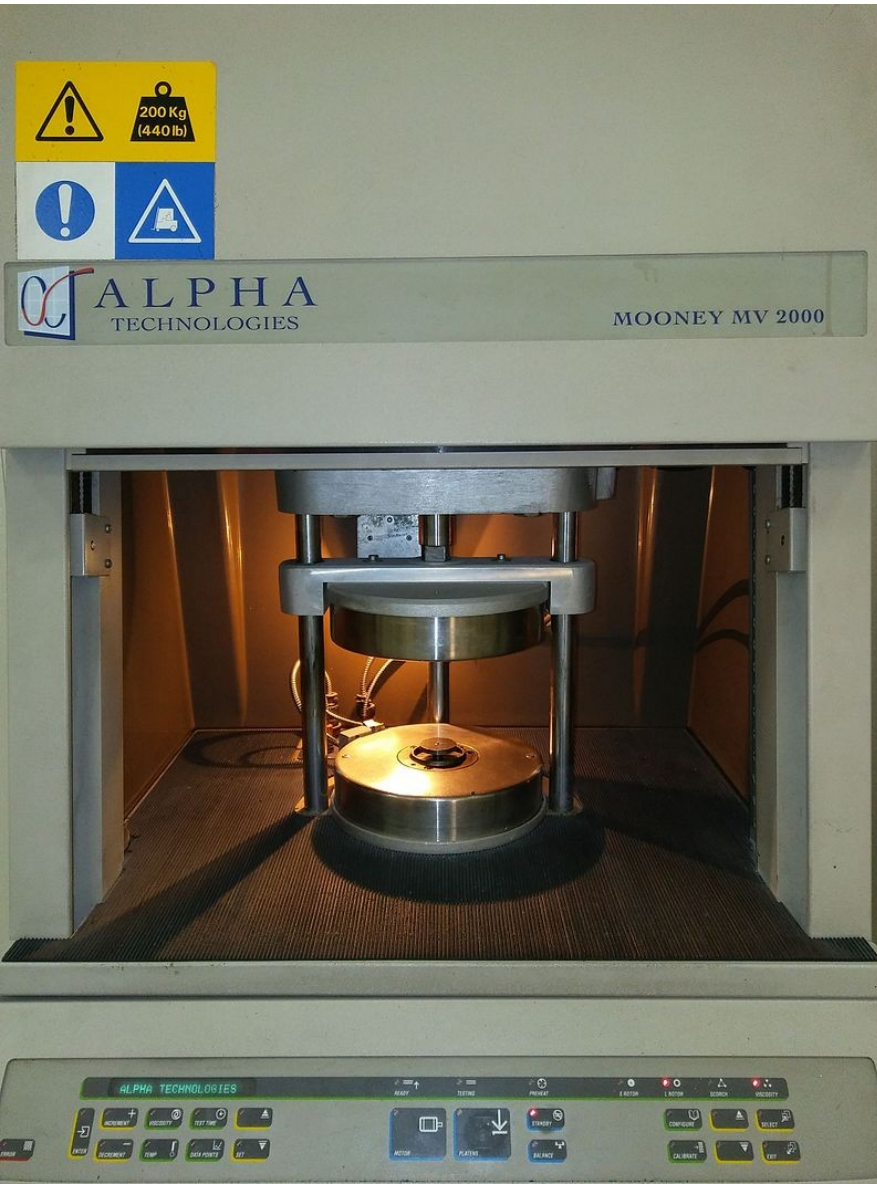
*Stanovení plasticity.* Plasticita je mírou tvárnosti směsi. Podle ní se posuzuje zpracovatelnost směsi. Plasticita je definována jako schopnost hmoty udržet tvar, do něhož byla zformována vnějšími silami, i po odlehčení. Ke stanovení plasticity se používá především metoda Mooney a někdy také metoda Defo. U metody Mooney se ve válcové dutině přístroje, naplněné zkoušenou směsí, otáčí rotor a měří se práce potřebná k otáčení rotoru při konstantním tlaku a dané teplotě. Schéma plastometru je uvedeno na obr. 6.

## Viskozita Mooney – výklad a měření



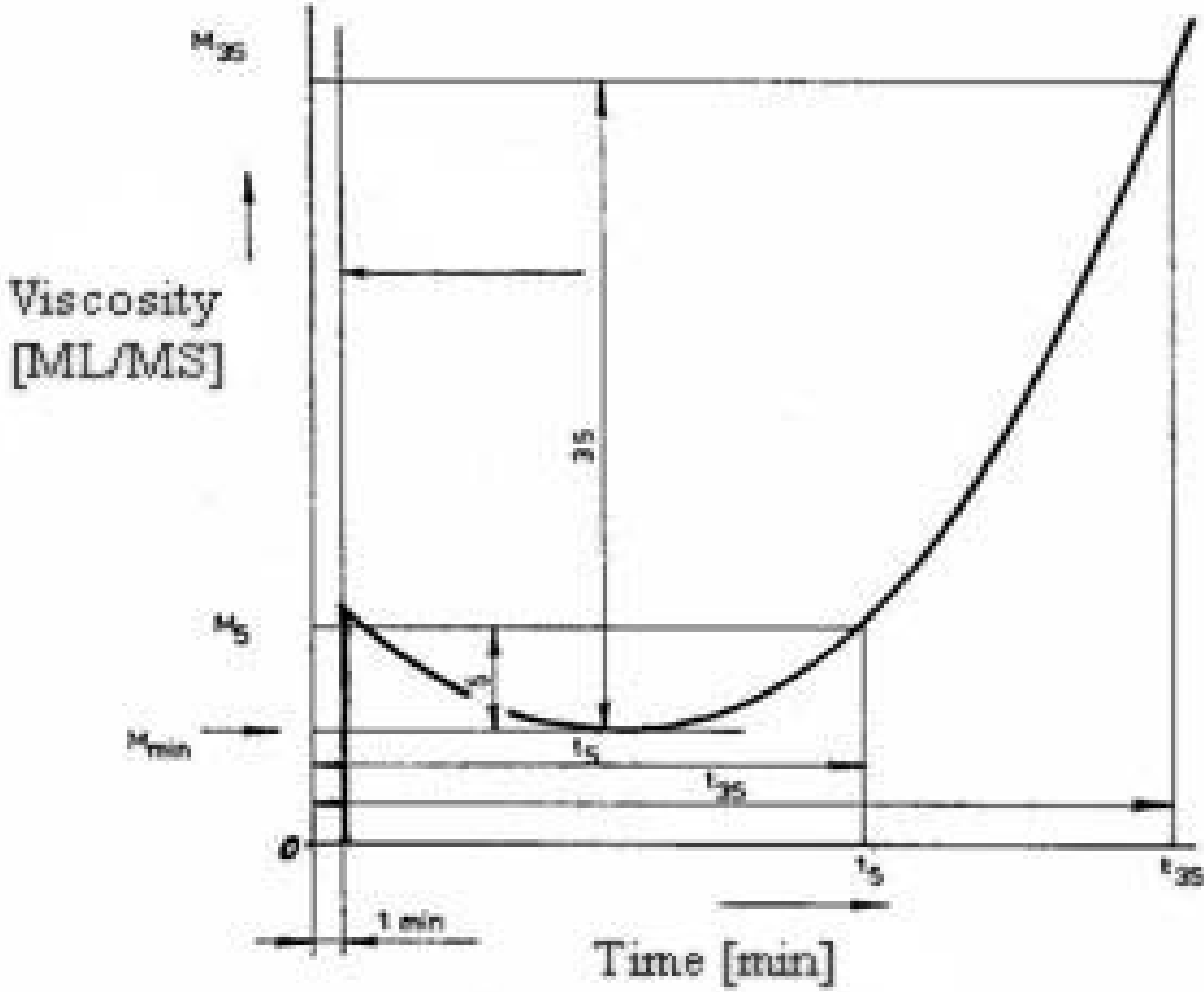
Obr. 6. Schéma plastometru Mooney  
1 – rotor, 2 – zkoušený materiál,  
3 – forma, 4 – registrační zařízení

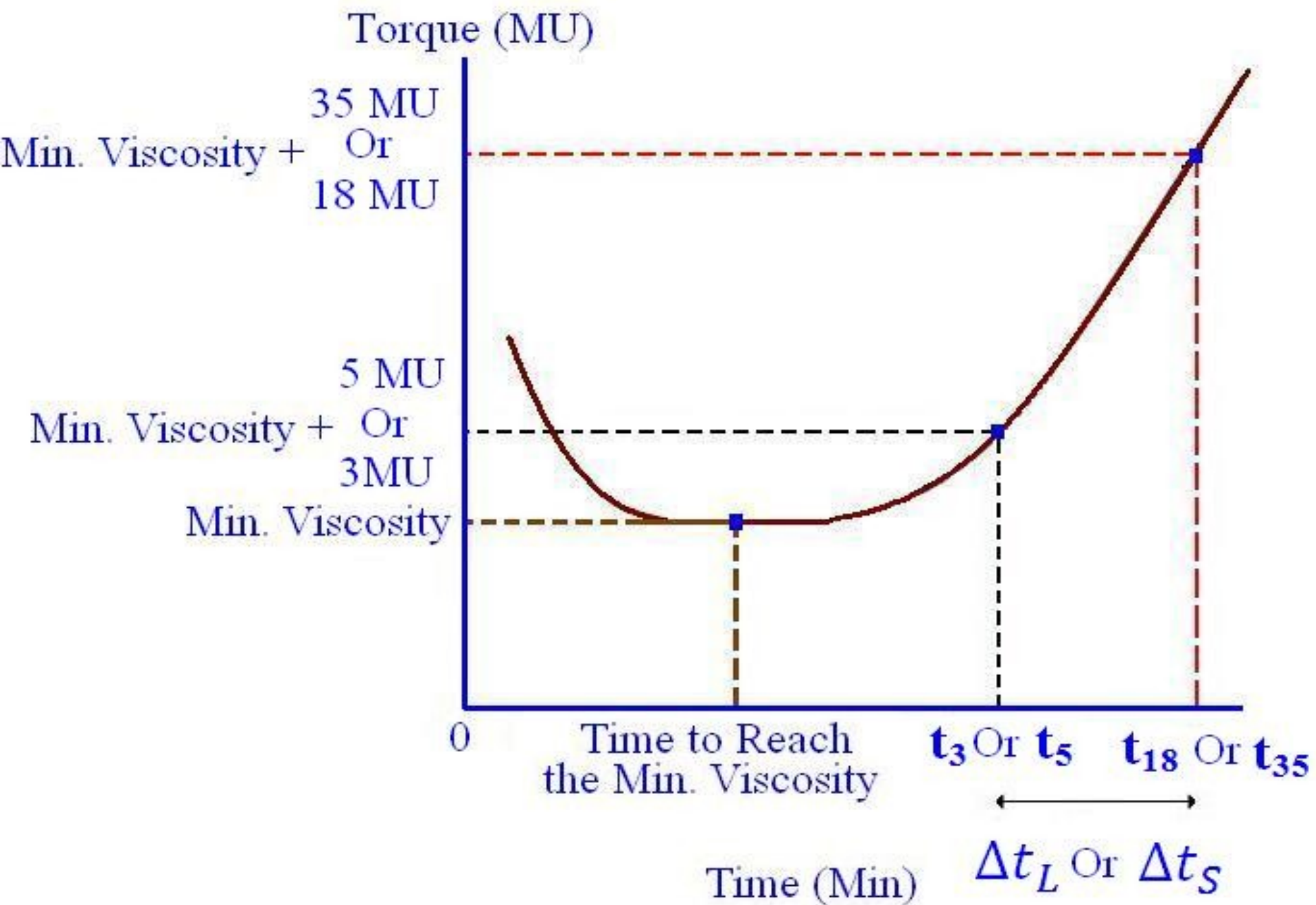
# Viscosity Mooney – Explanation and Measurement



1. Rotor
2. Tested Material
3. Mould
4. Registration Device







The rubber compound, including the vulcanizing system, is shaped on the mill as 6–8 mm thick sheets. Round-shaped samples with 45 mm diameter are cut from the sheets. The samples are pierced in the middle in order to allow the rotor shaft to pass. Before the beginning of the measurement, the instrument is heated up to 118 degree C. After the sample is introduced, it takes a minute for the sample to reach the thermal equilibrium, and then the rotor is started.

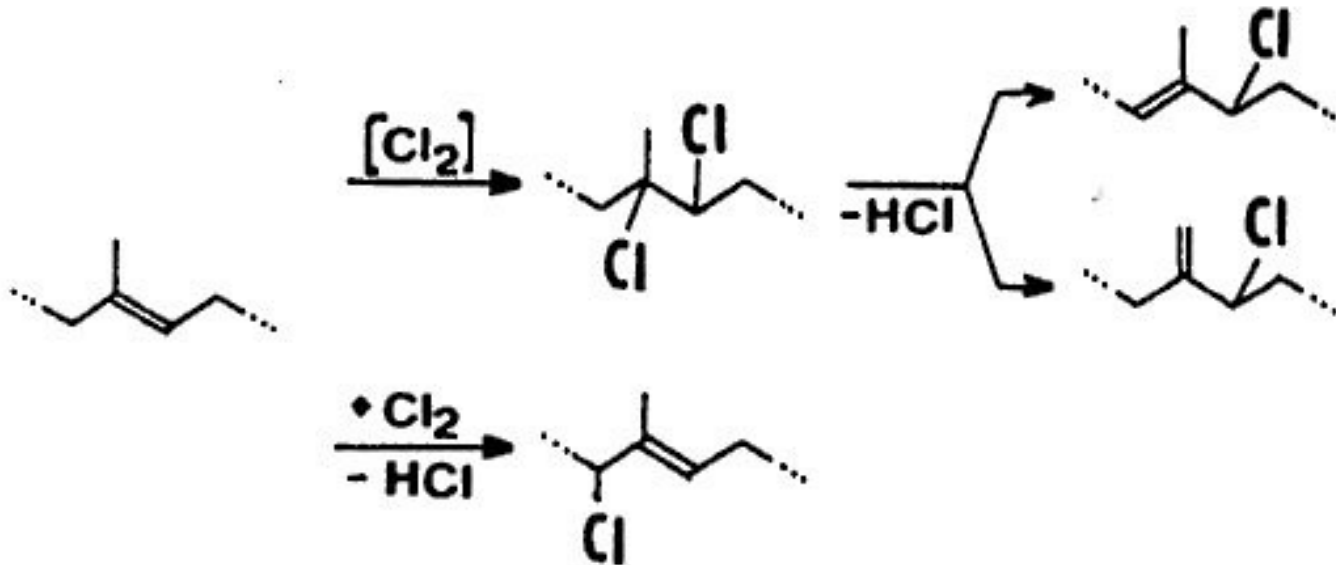
The value of Mooney viscosity decreases at the beginning, due to the decrease of the compound viscosity as temperature rises. After about 4 min, a minimum value is reached, which stays constant for a while. This value is indicated as MV. After a certain period of time, vulcanization starts and the Mooney viscosity increases.

The following values are indicated on the obtained curve:

minimum viscosity MV; scorch time ( $t_5$ ) - the time interval (measured from rotor start) corresponding to a viscosity increase of 5 Mooney units over MV, measured at rotor start. The  $t_5$  value indicates the prevulcanization tendency of the compound. The larger  $t_5$  is, the lower the prevulcanization tendency, and, therefore, the rubber compound can be more reliably processed on mill, calender or extruder. [\[3\]](#) vulcanization time ( $t_{35}$ ) - the time interval (measured from rotor start) corresponding to a viscosity increase of 35 units over the MV value. vulcanization index -  $Dt_{30} = t_{35} - t_5$  - provides indications about the vulcanizing ability of a rubber compound. A compound with a low vulcanization index, cures more rapidly than a compound with a higher vulcanization index. optimum vulcanization time at the experimental temperature employed (top).

# Modifikace přírodního kaučuku 1

nejběžnější je **CHLORACE** elementárním chlórem



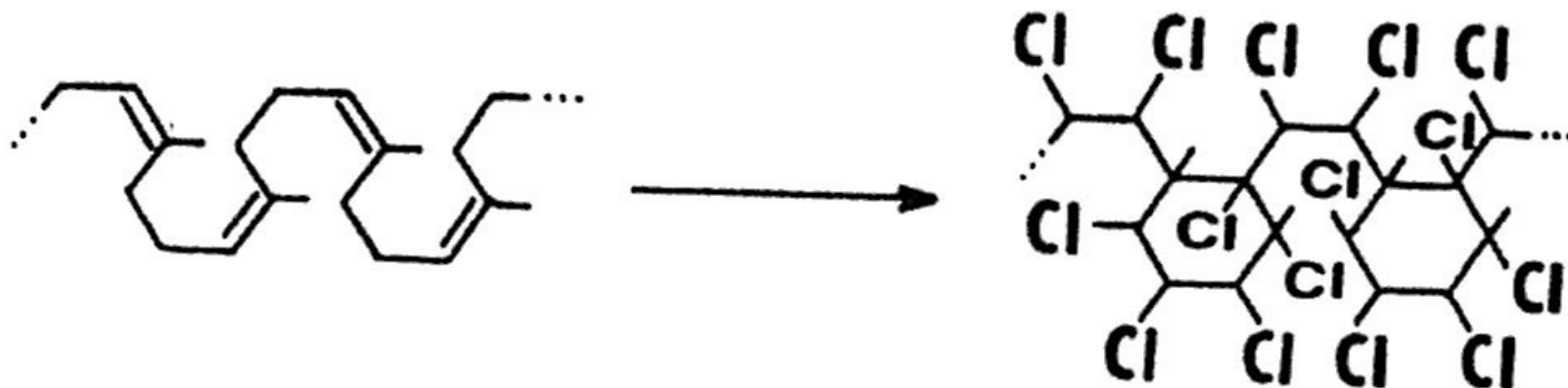
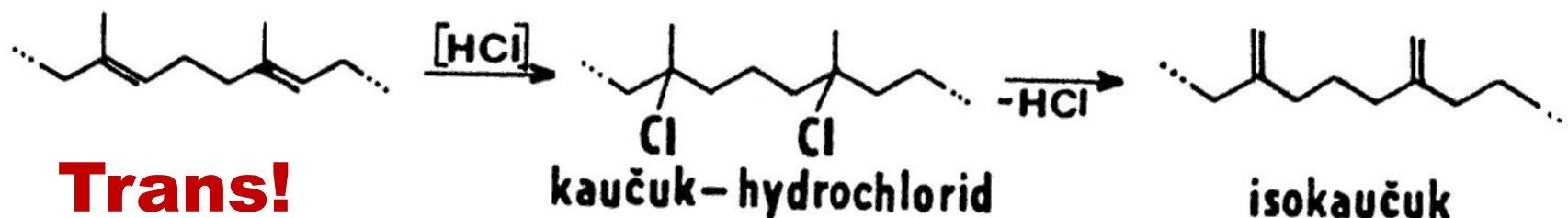
Zde je toto demonstrováno na:

**Trans > GUTAPERČA**

**Jsou zachovány dvojně vazby >  
zachována možnost vulkanizace**

# Modifikace přírodního kaučuku 2

## méně obvyklé postupy

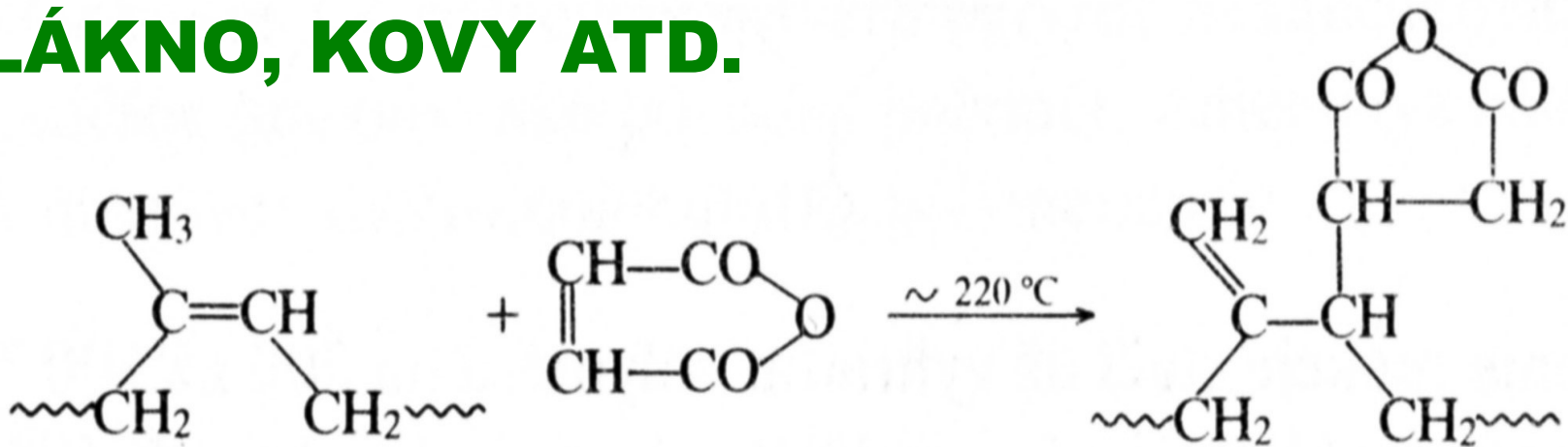


**Kysele katalyzovaná adice  $H^+$  na dvojně vazby, izomerizace a cyklizace > CYKLOKAUČUK**

# Modifikace přírodního kaučuku

## maleinace kaučuku

- Radikálová iniciace
- Reagentem je **AHHYDRID KYSELINY MALEINOVÉ**
- Výsledkem je **ROUBOVANÝ KOPOLYMER**
- **ÚČELEM JE ZVÝŠENÍ ADHEZE K POLÁRNÍM LÁTKÁM, NAPŘ. VÁPEVEC, SKLENĚNÉ VLÁKNO, KOVY ATD.**



# Modifikace přírodního kaučuku (**NE PRYŽE**) a její využití

Typ	Vlastnosti	Použití
<b>Chlorkaučuk</b> (obsahy chlóru až 60 % hmot.)	Filmotvorný, lepší chemická stabilita, snížená hořlavost, ROZPUSTNOST V ORANICKÝCH ROZPOUŠTĚDLECH	<b>Nátěrové hmoty (chemické provozy,</b> např. škrobárny a cukrovary), lepidla
<b>Kaučuk hydrochlorid</b> (modifikace pomocí plynného HCl) (obsahy chlóru až 35 % hmot.)	Filmotvorný, lepší chemická stabilita než přírodní kaučuk, ale horší než chlorkaučuk. snížená hořlavost, ROZPUSTNOST V ORANICKÝCH ROZPOUŠTĚDLECH	<b>Fólie, šlichty pro textilní vlákna</b>

**Chlorkaučuk je asi NEJDŮLEŽITĚJŠÍ MODIFIKOVANÝ PŘÍRODNÍ KAUČUK**

# Modifikace přírodního kaučuku (**NE PRYŽE**) a její využití

Typ	Vlastnosti	Použití
<b>CYKLO KAUČUK</b>	Filmotvorný, <b>ROZPUSTNOST V ORANICKÝCH ROZPOUŠTĚDLECH</b>	Fólie, šlichty pro textilní vlákna, papír, laky, lepidla, tiskové barvy



# Modifikace přírodního kaučuku (NE PRYŽE) **CO JSEM DĚLAL JÁ**

## **Nátěrové hmoty škrobárna v Brně**

**Pracoval jsem v údržbě ve škrobárně, která se připravovala na kampaň (zahájení zpracování brambor). Natíral jsem velké nádoby zevnitř.**

### **ZKUŠENOST:**

**Problémem jsou, z hlediska ochrany zdraví, rozpouštědla > větrání (to jsem neměl), ochranná maska nebo častější přestávky na čerstvém vzduchu**

# Pryž a konzervátor - restaurátor

- **Zásah už potřebují i předměty z pryží!**
- **Obrátil se na mě váš starší kolega zaměstnaný v Technickém muzeu v Brně**
- **PROBLÉM:**
  - **Plynové masky z 1. světové války**
  - ***Plynové masky z 1. REPUBLIKY***

# POLYTERPENY a konzervátor - restaurátor

- **GUTAPERČA** > izolace vodičů elektriny > **PRVNÍ PODMOŘSKÝ TELEFONNÍ KABEL EVROPA - AMERIKA**
- **BALATA** > zase jiná rostlina, a similar and cheaper natural material called balatá is often used in gutta-percha's place. The two materials are almost identical, and *balatá* is often called *gutta-balatá*.