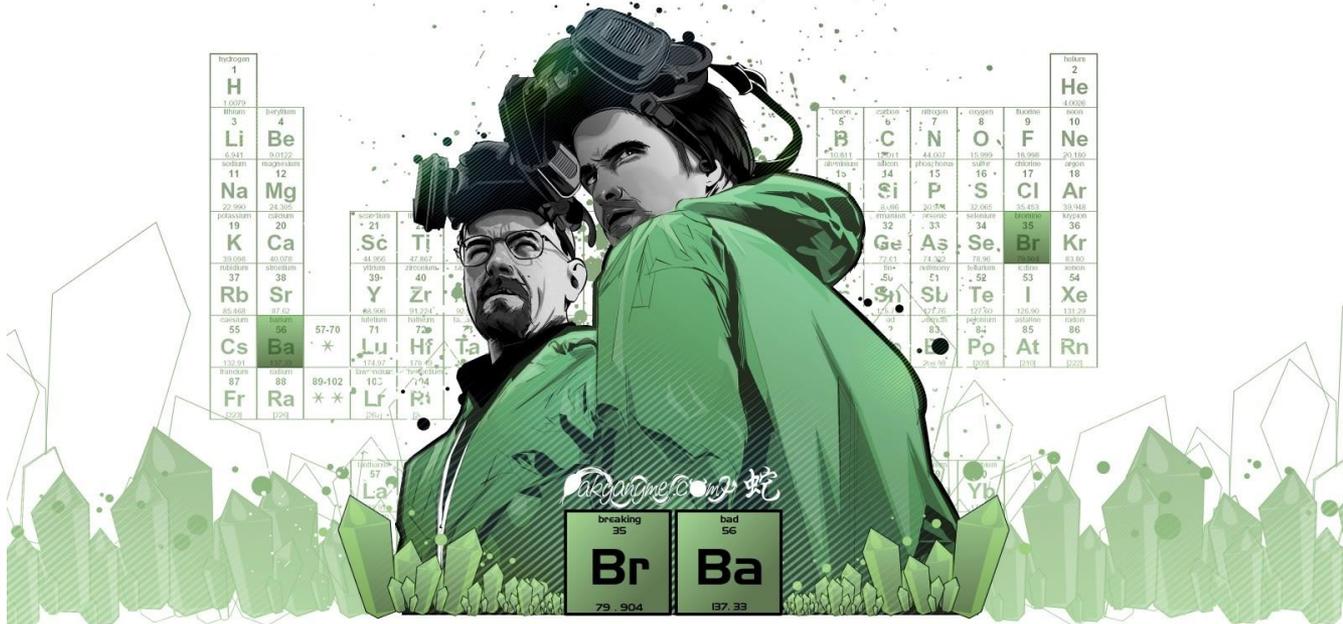


# La Chimica della Carta di Petra Verduchi classe IVB a.s. 2015-2016 liceo artistico-linguistico "Pablo Picasso"

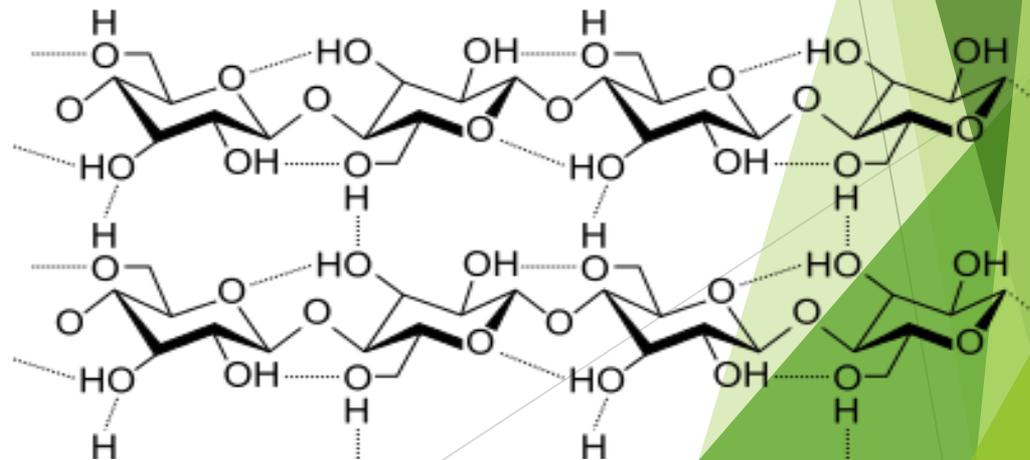


# La Carta

► La carta è un materiale di origine biologica: il suo principale componente è la cellulosa, un polisaccaride di origine vegetale: è il principale costituente della parete cellulare, una struttura che sostiene e protegge i tessuti vegetali e che conferisce resistenza al tessuto fibroso di foglie, radici e tronco.



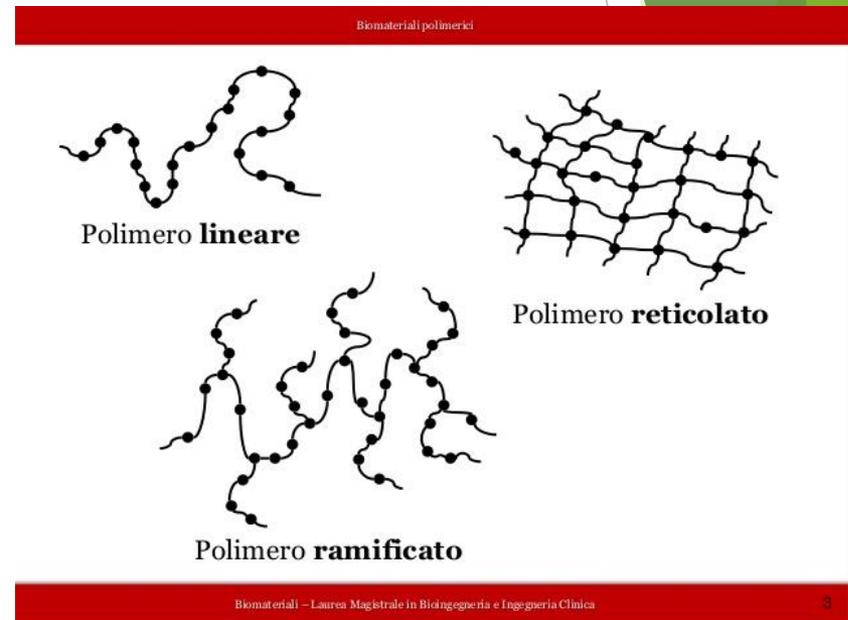
Nello schema due delle molte catene di cellulosa che formano una fibra: i **legami a idrogeno** sono indicati con una linea tratteggiata



# Introduzione generale ai Polimeri

- ▶ I **Polimeri** sono macromolecole (composti organici con elevata massa molecolare) costituite da un insieme di piccole molecole chiamate **Monomeri**, legate le une alle altre mediante legami chimici. Per **polimerizzazione** si intende il processo con cui i monomeri si legano tra loro.
- ▶ I polimeri si possono classificare in vari modi : possono essere **Naturali** o **Artificiali**, la loro struttura può essere **Lineare**, **Ramificata** o **Reticolata** e se sono polimeri prodotti da monomeri tutti uguali sono detti **Omopolimeri**, mentre quelli prodotti da monomeri rappresentati da due o più specie chimiche differenti sono detti **Copolimeri**.

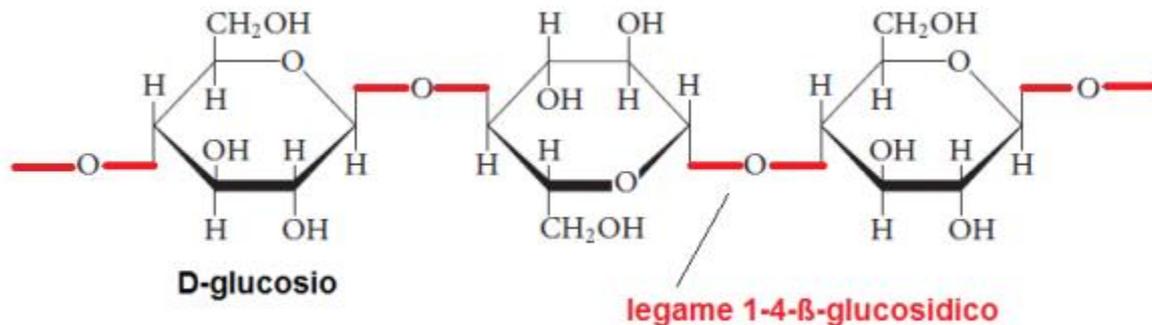
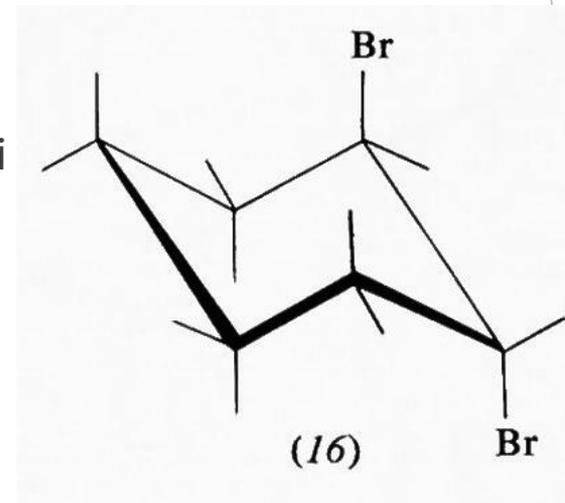
La carta è formata da omopolimeri naturali lineari.



# La Carta è Formata da un Polimero Naturale : La Cellulosa

Dal punto di vista chimico, la cellulosa è un polisaccaride, cioè un polimero naturale che si ottiene per **policondensazione** di molecole di **D-glucosio**. La policondensazione è il processo di formazione di polimeri per mezzo di successive reazioni di condensazione (con eliminazione di molecole d'acqua o di altre molecole semplici) tra molecole che abbiano due gruppi funzionali. Nel caso della Cellulosa i monomeri sono uniti tra loro mediante una reazione di condensazione che porta alla formazione di un **legame 1,4  $\beta$ -glucosidico**. Il legame tra il carbonio in posizione 1 (C1) di un monomero e il C4 del monomero successivo è un legame equatoriale, che porta alla formazione di una molecola lineare.

Esempio Legame Equatoriale



# Cosa Fa Deteriorare la Carta ?

- ▶ I **danni fisici** dovuti all'usura o a vere e proprie lacerazioni delle pagine;
- ▶ I **danni biologici** causati da insetti e animali che si nutrono di carta come tarli, termiti e topi, ma anche da microrganismi come batteri e funghi;
- ▶ I **danni chimici** dovuti a reazioni di idrolisi o di ossidazione della cellulosa.

Questi danni sono accelerati o aggravati se i documenti cartacei sono esposti alla luce diretta del Sole o alle alte temperature, oppure se vengono conservati in ambienti con un alto tasso di umidità.

L'**umidità** è uno dei peggiori nemici della conservazione della carta, poiché la cellulosa è una molecola con un alto potere igroscopico: in altre parole, essa può assorbire facilmente molecole di acqua, che formano nuovi legami a idrogeno tra le catene di cellulosa. Questo fenomeno distanzia le molecole e causa un rigonfiamento del supporto cartaceo. Anche se la cellulosa non si solubilizza in solventi polari, la presenza di acqua rende la carta più sensibile alle lacerazioni e alla crescita di muffe.

Esempio carta deteriorata dagli insetti



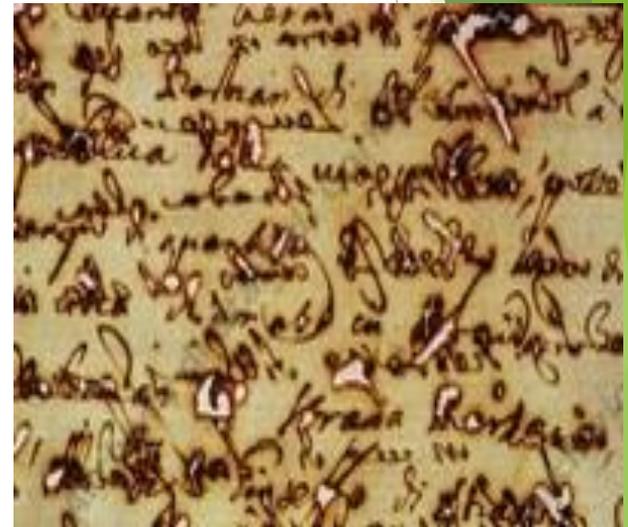
Esempio carta ingiallita e deteriorata da muffe



# Il fenomeno della Carta corrosa dall' inchiostro

- ▶ Normalmente le reazioni di ossidazione avvengono lentamente, ma sono accelerate dalla presenza di metalli di transizione, come il **ferro** e il **rame**. Questi metalli sono presenti negli inchiostri di molti documenti antichi.
- ▶ Gli **inchiostri ferro-gallici** (noti anche come «inchiostri di galla») sono usati dal Medioevo in poi per la stesura di un gran numero di documenti: per questo, la loro reattività è di particolare interesse per i restauratori. L'azione di degrado prodotta dai componenti di questi inchiostri è duplice: da un lato l'acido solforico promuove l'idrolisi acida della cellulosa, dall'altro la presenza di ioni metallici a bassa valenza come il ferro(II) o il rame(II) catalizza la reazione di ossidazione, secondo le modalità descritte dalla reazione di Fenton.

Nell' immagine un esempio di Carta corrosa dall' inchiostro



# Il Fenton e il foxing

► La **reazione di Fenton** è alla base della fioritura di macchioline rossastre su documenti e stampe antiche, un fenomeno che i restauratori chiamano **foxing**. Il colore delle macchie ricorda quello di una volpe (fox in inglese), dipende dall'alta concentrazione di ioni  $Fe^{2+}$  e  $Cu^{2+}$ . L'ossidazione porta alla definitiva rottura del polimero. Questo avviene se la carta è conservata in luoghi molto umidi: per esempio, il solfato ferroso o l'acido solforico (entrambi presenti negli inchiostri antichi) sono solubili in acqua e possono trapelare facilmente verso aree del documento prive di inchiostro per capillarità. Questo fenomeno può rovinare la carta in modo irreversibile, e può compromettere la lettura dei documenti.

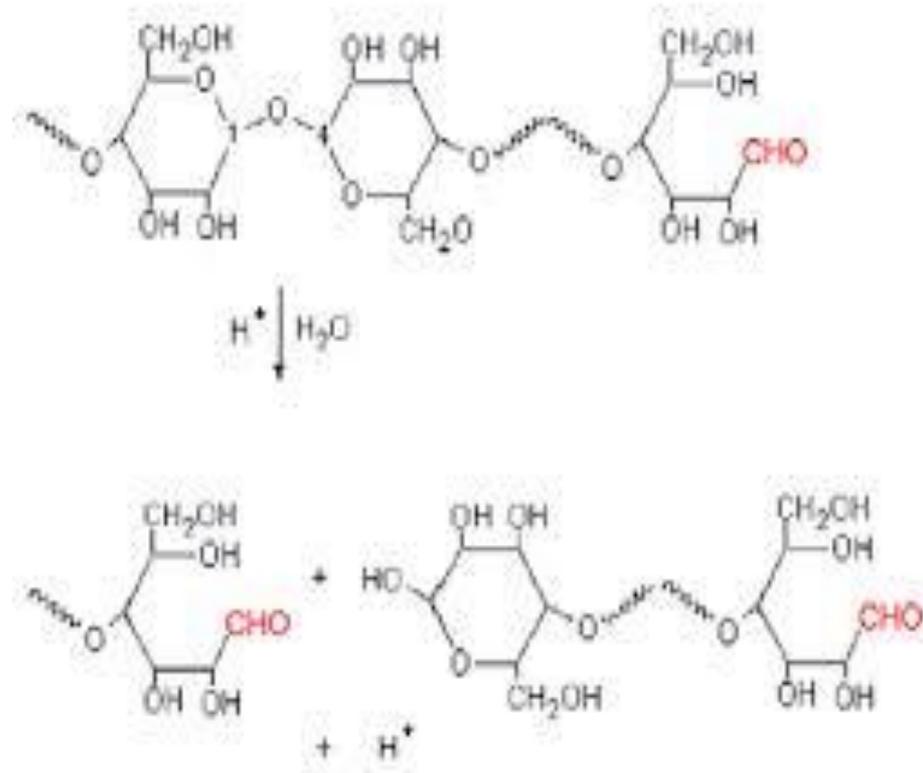


# L'Idrolisi: il deterioramento da carta troppo acida

Tenere sotto controllo l'acidità della carta è fondamentale poiché l'idrolisi potrebbe agire sul legame  $\beta$ -glucosidico, che essendo uno dei punti più sensibili della cellulosa, può venire facilmente spezzato. L'idrolisi agisce spezzando la catena di monomeri.

La depolimerizzazione della cellulosa porta a un progressivo indebolimento della carta, in modo proporzionale alla diminuzione del DP. Con il termine **DP** esprimiamo il numero di monomeri di glucosio uniti tra di loro. La carta non è tutta della stessa qualità e il valore di DP si riflette sulla resistenza della molecola.

Tornando all'idrolisi del legame  $\beta$ -glucosidico, essa avviene quando il pH subisce forti deviazioni rispetto al normale. Può essere innescata sia dagli acidi forti, sia dalle basi forti. Questo fenomeno può avvenire facilmente anche a temperatura ambiente, invece l'idrolisi basica è innescata solo ad alte temperature.



L'idrolisi acida di una catena di cellulosa (idrogeni omessi per consentire una migliore leggibilità)

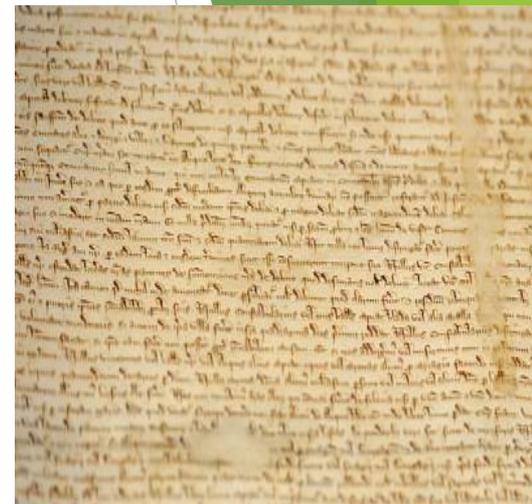
# Le Fasi dell'Idrolisi Acida della Carta

- ▶ L'innesco della reazione di idrolisi è dato dalla **protonazione dell'ossigeno** del legame  $\beta$ -glucosidico, al quale si aggiunge uno ione  $H^+$  derivante dalla dissociazione di un acido. Si forma così una carica positiva che favorisce l'innesco della fase successiva.
- ▶ Uno dei due atomi di carbonio legati dal ponte del legame  $\beta$ -glucosidico si lega a una molecola di  $H_2O$ , favorendo la **scissione del legame**.
- ▶ Nel punto di rottura si forma un **intermedio glucosidico protonato**.
- ▶ Al termine della reazione, l'intermedio glucosidico rilascia lo ione  $H^+$ , che è disponibile per innescare una seconda reazione, **propagando** il danno ad altre molecole di cellulosa.
- ▶ Il protone che innesca la reazione di idrolisi deriva dalla dissociazione di un acido, come ad esempio l'acido solforico ( $H_2SO_4$ ), contenuto in molti inchiostri usati nei documenti antichi.

# L' Ossidazione della Carta

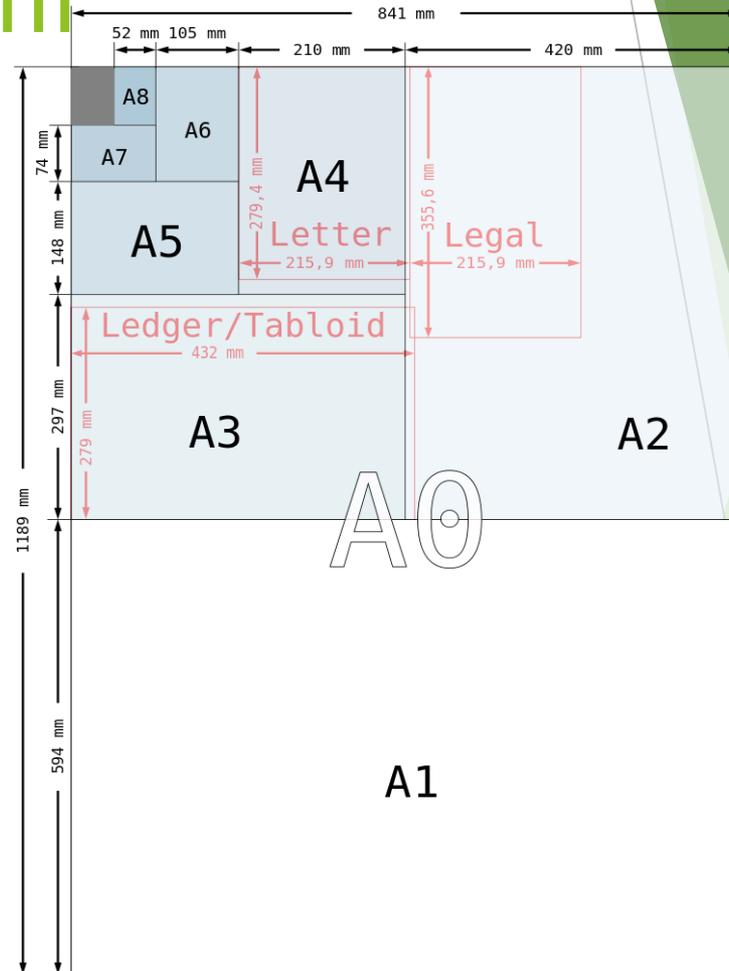
► In presenza di agenti ossidanti, come l'**ossigeno** presente nell'aria oppure i **metalli** contenuti negli inchiostri, la molecola di cellulosa subisce la perdita di uno o più elettroni, alterando la sua struttura. L'ossigeno molecolare ( $O_2$ ) promuove la formazione di **radicali liberi** che attaccano la molecola di cellulosa e rompono il legame glucosidico: in questa reazione si generano anche altri radicali che innescano una serie di reazioni di ossidazione, contribuendo a propagare il danno.

► La deformazione della molecola indotta dall'ossidazione intacca anche le proprietà fisiche della cellulosa: a risentirne non è soltanto la **resistenza** della carta, ma anche il modo in cui essa **riflette la luce**. Quando la cellulosa si ossida (un processo favorito dalla presenza di metalli nella carta o negli inchiostri), si formano particolari gruppi chimici ossidati (detti **cromofori**) che riflettono la luce in modo diverso: questo è il motivo per cui molti manoscritti antichi appaiono giallognoli.



# Curiosità: La Carta e i Formati più comuni

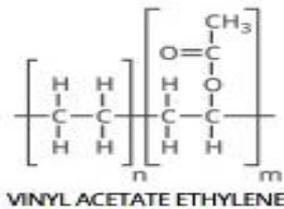
- ▶ Lo standard internazionale del formato carta, l'ISO 216, si basa sullo standard tedesco DIN 476. I formati ISO sono basati tutti su un unico rapporto d'aspetto della radice quadrata di 2.
- ▶ Il formato base è un foglio di carta di  $1 \text{ m}^2$  (A0). I formati successivi (A1, A2, A3 e così via) si ottengono semplicemente tagliando a metà la carta sul lato più lungo. Il formato più usato e conosciuto è l'A4.



# Curiosità : L'Odore dei Libri

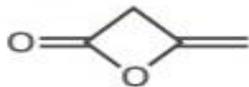
- Il chimico e insegnante inglese Andy Brunning, di cui si è parlato anche sul sito de *Il Fatto Quotidiano* (**data**), dice che l'odore dei libri vecchi deriva da caratteristiche chimiche. Nella carta dei vecchi libri ci sono maggiori quantità di cellulosa e lignina rispetto a quella dei libri nuovi; il processo di idrolisi chimica conferisce alle pagine un odore che dovrebbe somigliare a erba e vaniglia perché le due sostanze principali, col passare degli anni, si degradano facendo ingiallire la carta rilasciando composti organici.

## ADHESIVES

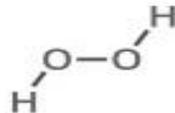


Modern day book binding adhesives are often based on 'co-polymers' such as that shown here. Some VOCs may originate from these compounds.

## PAPER & INK



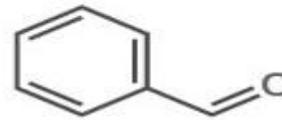
**ALKYL KETENE DIMER**  
(aids water resistance)



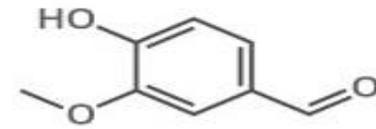
**HYDROGEN PEROXIDE**  
(bleaching agent)

In the paper-making process, the paper is treated with a variety of chemicals, to achieve desired properties. Some of these chemicals could contribute to the release of VOCs. Additionally, petrochemicals used as solvents for inks can also contribute.

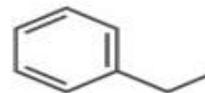
## SELECTED COMPOUNDS & THEIR INDIVIDUAL ODOURS



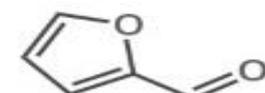
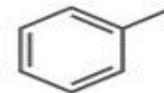
**BENZALDEHYDE**  
Almond-like



**VANILLIN**  
Vanilla-like



**ETHYL BENZENE & TOLUENE**  
Sweet odours



**FURFURAL**  
Almond-like

**IN SHORT:** No single chemical causes the odour of books. It's a result of a complex mix of volatile chemicals produced by chemicals used in their manufacture, as well as the gradual degradation of the chemicals within the paper.

La presentazione è finita andate in pace...

Grazie per l'attenzione



Petra Verduchi IV B