

Vetro

(Fonte Wikipedia : elaborazione R. Giacomino)

Vetro Caratteristiche generali

Composizione	Diossido di silicio (SiO ₂) più altri ossidi
Aspetto	trasparente
Stato di aggregazione (in c.s.)	solido (liquido sottoraffreddato)
Cristallinità	amorfo

Proprietà chimico fisiche

Densità (g/cm ³ , in c.s.)	2,2÷6,3 ^[2]
Coefficiente di dilatazione termica lineare (K ⁻¹)	30÷90 × 10 ⁻⁷ ^{[2][3]}
Conduttività termica (W/m·K)	0,00155÷0,0030 cal/cm×s×K ^[2]
Resistenza a compressione (kg _f /m ²)	100 × 10 ⁶ ^[5]
Resistenza a flessione (kg _f /m ²)	4 × 10 ⁶ (ricotto); 12÷20 × 10 ⁶ (temprato) ^[5]
Durezza Mohs	5÷7 ^[2]

Durezza Knoop
(kg_f/m^2) $382 \div 572$ (HK_{200})^[3]

#70-79 GL



Il termine vetro si riferisce a materiali che sono ottenuti tramite la solidificazione di un liquido non accompagnata da cristallizzazione.^[7] I vetri sono quindi solidi amorfi, assimilabili a liquidi sottoraffreddati ad elevatissima viscosità, con i legami intermolecolari e gli attriti interni che ne mantengono inalterata la forma per un tempo lunghissimo.^[8]

In linea teorica, i vetri potrebbero essere ottenuti a partire da qualunque liquido, attraverso un rapido raffreddamento che non dia alle strutture cristalline il tempo di formarsi. Nella pratica, hanno la possibilità di solidificare sotto forma di vetro solo i materiali che abbiano una velocità di cristallizzazione molto lenta, come ad esempio l'ossido di silicio (SiO_2), il diossido di germanio (GeO_2), l'anidride borica (B_2O_3), l'anidride fosforica (P_2O_5), l'anidride arsenica (As_2O_5).^[7]

Un esempio di vetro naturale è l'ossidiana, prodotta dal magma vulcanico.

Nel linguaggio comune (e nella seguente trattazione), il termine vetro viene utilizzato in senso più stretto, riferendosi solamente ai vetri costituiti prevalentemente da ossido di silicio (*vetri silicei*), impiegati come materiale da costruzione (soprattutto negli infissi), nella realizzazione di contenitori (ad esempio vasi e bicchieri) o nella manifattura di elementi decorativi (ad esempio oggettistica e lampadari). La maggior parte degli utilizzi del vetro derivano dalla sua trasparenza, dalla sua inalterabilità chimica e dalla sua versatilità: infatti, grazie all'aggiunta di determinati elementi, è possibile creare vetri con differenti colorazioni e proprietà chimico-fisiche.

Arte e tecnica della fabbricazione e della lavorazione del vetro si indica come "ialurgia".

Cenni storici



Coppa diatreta di epoca romana del IV secolo d.C.

Secondo Plinio il Vecchio (nel suo trattato *Naturalis Historia*), il primo utilizzo del vetro risale al III millennio a.C. in Fenicia.^[9] Nel 2000 a.C. il vetro veniva impiegato in Egitto^[10] per produrre stoviglie, altri utensili e monili (detti perle di vetro). Intorno al 1000-500 a.C. risalgono piccoli vasi in vetro ritrovati in India e Cina.^[10]

Le prime finestre in vetro furono progettate nell'antica Roma per adornare le dimore nobiliari.

Nella metà del I secolo a.C. fu sviluppata la tecnica del soffiaggio,^[11] che ha permesso che oggetti prima rari e costosi divenissero molto più comuni. Durante l'Impero Romano il vetro fu plasmato in molte forme, principalmente vasi e bottiglie. I primi vetri erano di colore verde a causa della presenza di impurità di ferro nella sabbia utilizzata.^[12]

Nel V-VII secolo d.C. si sviluppa l'uso del mosaico in vetro nell'arte bizantina.^[10] Oggetti in vetro risalenti ai secoli VII e VIII sono stati rinvenuti sull'isola di Torcello, vicino a Venezia.

Una svolta nella tecnica produttiva si è avuta intorno all'anno 1000, quando nel nord Europa la soda fu sostituita con la potassa, più facilmente ottenibile dalla cenere di legno. Da questo momento i vetri del nord differirono significativamente da quelli originari dell'area mediterranea, dove si è mantenuto l'impiego della soda.

L'XI secolo vide l'emergere, in Germania, di una nuova tecnica per la produzione di lastre di vetro per soffiatura, stirando le sfere in cilindri, tagliando questi ancora caldi e appiattendoli quindi in fogli. Questa tecnica fu poi perfezionata nel XIII secolo a Venezia (centro di produzione vetraria del XIV secolo), dove furono sviluppate nuove tecnologie e un fiorente commercio di stoviglie, specchi ed altri oggetti di lusso. Alcuni vetrai veneziani si spostarono in altre aree d'Europa diffondendo così l'industria del vetro.

Fino al XII secolo il vetro *drogato* (cioè con impurità coloranti come metalli) non fu impiegato.

Nel 1271 lo statuto chiamato *Capitolare di Venezia* tutelava la manifattura del vetro veneziano, proibendo che venissero importati vetri dall'estero e negando ai vetrai stranieri la possibilità di operare a Venezia.^[9] Nel 1291 viene decretato il trasferimento delle vetrerie da Venezia all'isola di Murano, in modo da confinare eventuali incendi.^[9]

A Venezia alla fine del XIII secolo, si fa risalire l'invenzione degli occhiali con lenti in vetro quando i "*cristalleri*" della Serenissima, per le lenti da vista, iniziarono a sostituire il berillo, utilizzato fino ad allora, con il vetro.^[13]

Al 1369 risale la produzione di specchi a Murano.^[10]

Nel 1450 Angelo Barovier inventa il "cristallo" a Murano,^[10] ottenendolo a partire dal vetro con l'aggiunta di sodio e manganese.^[9]



Manifattura artigianale del vetro (1850 circa)

Il processo di produzione Crown fu impiegato a partire dalla metà del XIV secolo fino al XIX secolo. In questo processo, il soffiatore fa ruotare circa 4 kg di massa vetrosa fusa all'estremità di una barra fino ad appiattirla in un disco di circa 1,5 metri di diametro. Il disco viene quindi tagliato in lastre.

Nel XVII-XVIII secolo nasce il cristallo di Boemia.^[10]

Il vetro veneziano ebbe un costo elevato tra i secoli X e XIV, fino a che gli artigiani riuscirono a mantenere segreta la tecnica. Ma intorno al 1688 un nuovo processo di fusione fu sviluppato, ed il vetro divenne un materiale molto più comune. L'invenzione della pressa per vetro nel 1827 diede inizio alla produzione di massa di questo materiale.

La tecnica a cilindri fu inventata da William J. Blenko all'inizio del XX secolo.

Risale al 1903 la prima macchina per la realizzazione delle bottiglie su scala industriale.^[9]

Nel 1913 viene messo a punto il procedimento Fourcalt per la realizzazione del vetro tirato, seguito nel 1916 dal metodo Libbey-Owens e nel 1925 dal metodo Pittsburg.^[14]

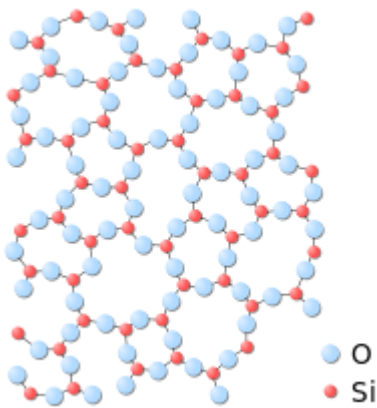
Le decorazioni sono incise sul vetro per mezzo di acidi o sostanze caustiche, che corrodono il materiale. Tradizionalmente l'operazione è svolta da artigiani esperti dopo che il vetro è stato soffiato o colato. Nel 1920 fu sviluppato un nuovo metodo consistente nello stampaggio diretto delle decorazioni sul vetro fuso. Questo ha permesso di abbattere i costi di produzione e assieme alla diffusione dell'uso di vetri colorati, portò ad un uso più diffuso delle stoviglie in vetro intorno al 1930.

Intorno al 1928 risale la nascita del vetro di sicurezza.^[10]

Nel 1936 vengono realizzate le prime fibre di vetro.^[14]

Negli anni sessanta viene messo a punto il *processo float* per la produzione di vetri piani.^[10]

Caratteristiche generali



Struttura del vetro siliceo. Si può notare l'assenza di ordine a lungo raggio

Il vetro è trasparente, duro, pressoché inerte dal punto di vista chimico e biologico, e presenta una superficie molto liscia. Queste caratteristiche ne fanno un materiale utilizzato in molti settori; allo stesso tempo il vetro è fragile e tende a rompersi in frammenti taglienti. Questi svantaggi possono essere ovviati (in parte o interamente) con l'aggiunta di altri elementi chimici o per mezzo di trattamenti termici.

Una delle caratteristiche più evidenti del vetro ordinario è la trasparenza alla luce visibile. La trasparenza è dovuta all'assenza di stati di transizione elettronici nell'intervallo energetico della luce visibile e al fatto che il vetro non ha disomogeneità di grandezza confrontabile o superiore alla lunghezza d'onda della luce, che provocherebbero scattering, come avviene di solito con i bordi di grano dei materiali policristallini.

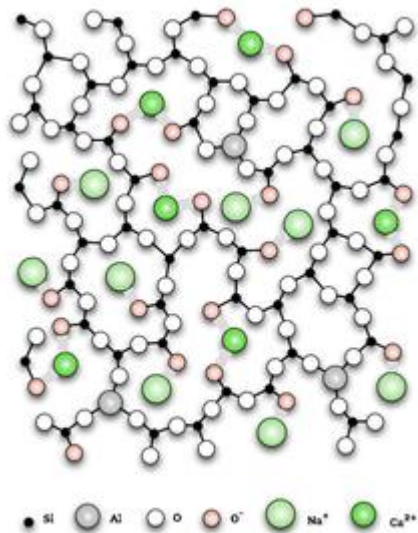
Il vetro comune non è invece trasparente alle lunghezze d'onda minori di 400 nm (ovvero il campo ultravioletto), a causa dell'aggiunta della soda. La silice pura (come il quarzo puro, piuttosto costosa) non assorbe invece gli ultravioletti e viene perciò impiegata nei settori dove occorre questa caratteristica.

Il vetro può essere prodotto in forma così pura da permettere il passaggio della luce nella regione dell'infrarosso per centinaia di chilometri nelle fibre ottiche.

Tecniche di lavorazione del vetro

La miscela viene fusa a 1200-1500 °C e poi lasciata raffreddare a 800 °C. Viene quindi sottoposta a diversi processi di lavorazione, come la soffiatura (per i vetri artistici), lo stampaggio (per bicchieri e contenitori), la filatura e la colata.

Aggiunte di elementi chimici nei vetri



Struttura di un vetro sodio-calcico con aggiunta di alluminio come stabilizzatore.

Il vetro comune è detto anche "vetro siliceo", in quanto costituito quasi esclusivamente da diossido di silicio (SiO_2). Il diossido di silicio ha un punto di fusione di circa $1800\text{ }^\circ\text{C}$, ma spesso durante la produzione del vetro vengono aggiunte altre sostanze (dette "fondenti"), che abbassano il punto di fusione anche al disotto dei $1000\text{ }^\circ\text{C}$, quali ad esempio:

- la soda (carbonato di sodio Na_2CO_3)
- la potassa (carbonato di potassio)

Fondenti usati spesso nell'industria vetraria sono i borati e i nitrati. Poiché la presenza di soda rende il vetro solubile in acqua (caratteristica non desiderabile), viene aggiunta anche calce (CaO) per ripristinare l'insolubilità.^[15]

La tabella seguente mostra le percentuali in peso tipiche di alcuni ossidi nei vetri:

Intervalli di composizione tipici dei vetri comuni		
Componente	% minima	% massima
SiO_2	68,0	74,5
Al_2O_3	0,0	4,0
Fe_2O_3	0,0	0,45
CaO	9,0	14,0
MgO	0,0	4,0
Na_2O	10,0	16,0

K ₂ O	0,0	4,0
SO ₃	0,0	0,3

Il vetro al piombo, noto anche come *cristallo* o vetro Flint, si ottiene aggiungendo ossido di piombo, sotto forma di litargirio giallo (PbO) o minio rosso (Pb₃O₄), ed ha un indice di rifrazione maggiore di quello del vetro comune, con l'effetto di apparire più brillante.^[17]

Aggiunte di carbonato di bario (BaCO₃) aumentano ugualmente l'indice di rifrazione del vetro,^[17] mentre aggiunte di ossido di torio producono un elevatissimo indice di rifrazione ed i vetri così ottenuti sono usati per produrre lenti di alta qualità.

Il boro è aggiunto sotto forma di borace (Na₂B₄O₇) o acido borico (H₃BO₃) per migliorare le caratteristiche termiche ed elettriche (come nel caso del vetro Pyrex).^[17]

L'aggiunta di alte quantità di ferro provoca l'assorbimento della radiazione infrarossa, come nei filtri per l'assorbimento di calore nei proiettori cinematografici. Con il cerio si ottiene un forte assorbimento delle radiazioni ultraviolette, ottenendo vetri in grado di offrire protezione dalla radiazioni ultraviolette ionizzanti.

Metalli e ossidi metallici vengono aggiunti nella produzione del vetro per dare o alterare il colore. Il manganese in piccole quantità neutralizza il verde causato dalla presenza di ferro, mentre in quantità elevate dà il colore ametista.^[18] Similmente il selenio in piccole dosi è usato per decolorare, mentre in quantità elevate dona colore rosso. Piccole concentrazioni di cobalto (0,025-0,1%) danno colore blu. Ossido di stagno con ossidi di arsenico e antimonio danno un vetro bianco opaco, usato nei laboratori di Venezia per imitare la porcellana.

Aggiunte dal 2 al 3% di ossido di rame producono un colore turchese, mentre il rame metallico dà un rosso opaco, e viene impiegato come surrogato del rubino rosso. Il nichel, dipendentemente dalla concentrazione, induce blu, violetto o anche nero. L'aggiunta di titanio dà un vetro giallo-marrone. L'oro in concentrazioni minime (0,001%) produce un vivace colore rosso rubino, mentre una quantità ancora minore dà sfumature meno intense di rosso, commercializzate con il nome di "vetro cranberry" (lampone).

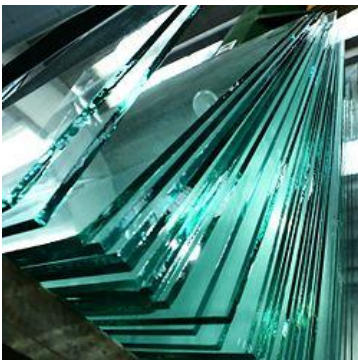
L'uranio (0,1-2%) può essere aggiunto per dare un colore giallo o verde fluorescente. Il vetro all'uranio solitamente non è sufficientemente radioattivo da essere pericoloso ma, se polverizzato (per esempio mediante lucidatura con carta vetrata) ed inalato, può essere cancerogeno.^[senza fonte] I composti dell'argento, in particolare il nitrato, producono una gamma di colorazioni comprese tra il rosso arancio ed il giallo.

Il modo in cui la pasta vetrosa è scaldata e raffreddata influisce molto sul colore generato da questi elementi, secondo meccanismi chimico-fisici non del tutto compresi. Periodicamente vengono scoperte nuove colorazioni per il vetro.

Vetro piano



Silice utilizzata come materia prima per la produzione industriale del vetro.



Lastre di vetro

Il 90% del vetro piatto prodotto nel mondo, detto *vetro float*, è fabbricato con il sistema "a galleggiamento" inventato da Alastair Pilkington, dove il vetro fuso è versato ad un'estremità di un bagno di stagno fuso.^[20] Oggi quest'operazione è effettuata in atmosfera controllata. Il vetro galleggia sullo stagno e si spande lungo la superficie del bagno, formando una superficie liscia su entrambi i lati. Il vetro si raffredda e solidifica mentre scorre lungo il bagno, formando un nastro continuo. Il prodotto è poi "lucidato a fuoco", riscaldandolo nuovamente su entrambi i lati, e presenta così due superfici perfettamente parallele. Le lastre sono realizzate con spessori standard di 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 22 e 25 mm. Questo tipo di vetro è considerato pericoloso per l'uso in applicazioni architettoniche, poiché tende a rompersi in grossi pezzi taglienti, che possono causare gravi incidenti. Per ovviare a questo problema nel caso di applicazioni soggette ad urti o sollecitazioni statiche, la singola lastra può essere temprata come descritto nel relativo capitolo. Le normative edilizie pongono in genere delle limitazioni all'uso di questo vetro in situazioni rischiose, quali: bagni, pannelli di porte, uscite antincendio, nelle scuole, ospedali ed in genere nei sottoluci dei parapetti.

Tempra

Il vetro temprato viene ottenuto per indurimento tramite trattamento termico (tempra). Il pezzo deve essere tagliato alle dimensioni richieste e ogni lavorazione (come levigatura degli spigoli o foratura e svasatura) deve essere effettuata prima della tempra.

Il vetro è posto su un tavolo a rulli su cui scorre all'interno di un forno, che lo riscalda alla temperatura di tempra di 640 °C. Quindi viene rapidamente raffreddato da getti di aria.^[23] Questo processo raffredda gli strati superficiali, causandone l'indurimento, mentre la parte interna rimane calda più a lungo. Il successivo raffreddamento della parte centrale produce uno sforzo di compressione sulla superficie, bilanciato da tensioni distensive nella parte interna.^[23] Gli stati di tensione possono essere visti osservando il vetro in luce polarizzata.

Non tutti i vetri sono temprabili; in particolare, se presentano forme articolate o numerosi fori vicini tra loro possono rompersi durante il trattamento termico, a causa delle tensioni interne del materiale.

Il vetro temprato è circa sei volte più resistente del vetro *float*, questo perché i difetti superficiali vengono mantenuti "chiusi" dalle tensioni meccaniche compressive, mentre la parte interna rimane più libera da difetti che possono dare inizio alle crepe.

D'altro canto queste tensioni hanno degli svantaggi. A causa del bilanciamento degli sforzi, un eventuale danno ad un estremo della lastra causa la frantumazione del vetro in molti piccoli frammenti. Questo è il motivo per cui il taglio deve essere effettuato prima della tempra e nessuna lavorazione può essere fatta dopo.

Applicazioni del vetro temprato

Per la sua maggiore robustezza, il vetro temprato è spesso impiegato per la realizzazione di elementi senza struttura portante (tutto vetro), come porte in vetro e applicazioni strutturali e nelle zone parapetto.

È anche considerato un "vetro di sicurezza" in quanto, oltre ad essere più robusto, ha la tendenza a rompersi in piccoli pezzi smussati poco pericolosi.^[22] Questa caratteristica è sfruttata nell'industria automobilistica, dove viene impiegato per realizzare i finestrini laterali delle automobili, e in generale in tutte quelle applicazioni dove i frammenti del vetro infranto potrebbero colpire delle persone.

In alcune situazioni però si possono avere problemi di sicurezza a causa della tendenza del vetro temprato a frantumarsi completamente in seguito ad un urto sul bordo. Da un punto di vista ottico la lastra di vetro può presentare delle distorsioni determinate dal processo di tempra rispetto ad un vetro non temprato.

Vetro stratificato



Vetro stratificato rotto: si può notare il film polimerico al quale sono rimasti attaccati i frammenti di vetro.

Il vetro stratificato^[24] (in inglese "laminated glass" talvolta tradotto come "vetro laminato" che però genera confusione con il processo produttivo di "laminazione") è stato inventato nel 1909 dal chimico francese Edouard Benedictus.^[22] Benedictus si è ispirato a un flacone rivestito da uno strato plastico di nitrato di cellulosa che per una disattenzione in laboratorio è caduto e si è rotto, ma senza aprirsi in pezzi. Egli fabbricò un materiale composito di vetro e plastica in grado di ridurre i pericoli in caso di incidenti automobilistici. L'invenzione non fu immediatamente adottata nel settore automobilistico, ma il primo impiego fu nei vetri delle maschere antigas in uso durante la Prima guerra mondiale.

Il vetro stratificato è realizzato unendo due o più strati di vetro ordinario alternato a un foglio plastico di colore simil-latteo, solitamente polivinilbutirrale (PVB).^[19] Il PVB è unito a sandwich con il vetro che è poi scaldato a 70 °C e pressato con rulli per espellere l'aria ed unire i materiali, l'operazione viene conclusa inserendo il sandwich così composto in un'autoclave a temperatura e pressione costante, dove si completa il processo di espulsione dell'aria, rendendo così il vetro laminato nuovamente trasparente.

Un tipico vetro stratificato è costituito ad esempio da: 3 mm di vetro / 0,38 mm di polivinilbutirrale / 3 mm di vetro. Il prodotto dell'esempio è definito vetro stratificato (laminato) da 6,38 mm o anche "33.1"^[25]



Il parabrezza di un'auto in vetro stratificato con la rottura a "ragnatela"

Il vetro stratificato è normalmente impiegato dove ci può essere il rischio di impatti con il corpo umano, oppure dove il pericolo possa derivare dalla caduta della lastra se frantumata. Le vetrine dei negozi, i parabrezza-lunotti delle auto sono tipicamente realizzati in vetro laminato come pure le zone parapetto delle vetrate interne ed esterne. È considerato un vetro di sicurezza grazie alla capacità di mantenersi compatto se fratturato.

Vetri speciali

Vetro cristallo

Il vetro cristallo (o semplicemente cristallo) è un vetro con aggiunta fino al 35% di piombo; duro, brillante; con aggiunta di potassio e cristallo di Boemia; utilizzato per oggetti artistici (calici di particolare pregio).

Vetro satinato

Sottoposto a trattamento di satinatura: lavorazione che rende la superficie del vetro opaca.

Vetro acidato

Il vetro acidato è un vetro con una superficie granulosa, ottenuto per mezzo di un trattamento chimico basato sull'impiego di acido fluoridrico (che presenta caratteristiche chimico-fisiche tali da intaccare il vetro).

Vetro argentato (specchio)

Il vetro argentato prende il nome da uno strato d'argento aderente ad una superficie della lastra, che causa un effetto di riflessione ottica, visibile sulla superficie opposta alla superficie trattata. Le lastre sulle quali viene effettuata l'argentatura sono prodotte con il procedimento *float* (che consiste nel fare galleggiare il vetro sopra uno strato di stagno fuso) e poi sottoposte al trattamento; tuttavia l'argentatura può essere eseguita anche ad altri stadi di lavorazione del vetro. Questo tipo di vetro può essere dotato di pellicola antinfortunistica, che in caso di rottura dello specchio, ne mantiene i frammenti aderenti ad essa ed evita potenziali infortuni.

Vetro autopulente

Di invenzione successiva al vetro Pilkington, il vetro *autopulente* trova impiego nella costruzione degli edifici, automobili e altre applicazioni tecniche.

Uno strato di 50 nm di biossido di titanio applicato sulla superficie esterna produce l'effetto autopulente attraverso due meccanismi:^[30]

- effetto fotocatalitico: i raggi ultravioletti catalizzano la decomposizione delle molecole organiche sulla superficie della finestra;
- idrofilicità: l'acqua viene attratta dalla superficie del vetro, dove forma un sottile strato che "lava via" i residui dei composti organici.

Vetrata isolante

La vetrata isolante è definita anche vetro isolante o in gergo vetro camera, e in linguaggio normativo "vetri uniti al perimetro" (in inglese: IGU, da *Insulating Glass Unit*, cioè elemento vetrato isolante). È una struttura vetrata utilizzata in edilizia, in particolare nei serramenti esterni (finestre e porte) e facciate continue, per aumentare le prestazioni di isolamento termico e acustico. È costituita da due o più lastre di vetro piano unite tra di loro, al perimetro, da un telaietto distanziatore in materiale

metallico profilato (alluminio, acciaio) o polimerico) e separate tra di loro da uno strato d'aria o di gas (argon, kripton o xeno). Il telaio perimetrale è conformato in modo che all'interno di esso possano trovare alloggio dei sali che sono necessari per mantenere disidratata la lama d'aria risultante, evitando in questo modo la comparsa di condensa sulla superficie delle lastre rivolta verso l'intercapedine.

Impieghi

Il vetro è un materiale molto utilizzato per la sua durezza e scarsa reattività. Molti oggetti di uso comune sono di vetro, come bicchieri, scodelle, bottiglie, lampadine, specchi, tubi catodici per televisori e monitor, oltre alle finestre.

Con il termine cristallo^[31] viene indicato un vetro pregiato con il quale si producono articoli per la casa, calici, bicchieri e altri prodotti di elevata qualità. Le caratteristiche principali che distinguono il cristallo dal vetro comune sono la particolare lucentezza (dovuta all'indice di rifrazione più elevato) e la "sonorità" (particolarmente apprezzata nei calici). Il cristallo viene ottenuto aggiungendo ossido di piombo (PbO) alla miscela silicea.

Nei laboratori di chimica, fisica, biologia e altri campi, flaconi, vetrerie per analisi, lenti e altri strumenti sono fatti di vetro. Per queste applicazioni è spesso utilizzato un vetro con borosilicati (o vetro Pyrex), a causa della maggiore robustezza e minore coefficiente di dilatazione termica, che garantisce una buona resistenza agli *shock* termici e maggiore precisione nelle misure ove si hanno riscaldamenti e raffreddamenti. Per alcune applicazioni è richiesto il vetro di quarzo, che è però più difficile da lavorare. La maggior parte delle vetrerie è prodotta industrialmente, ma alcuni grandi laboratori richiedono prodotti così specifici che dispongono di un tecnico soffiatore interno.

I vetri vulcanici come l'ossidiana sono impiegati dall'età della pietra per realizzare utensili litici, ma la tecnica di lavorazione arcaica può essere applicata anche ai vetri attuali prodotti industrialmente.



Lampada ad incandescenza in vetro



Bicchiere di vetro



Vetreteria da laboratorio



Finestre in vetro (palazzo dell'Opera di Oslo)

Vetro artistico



Lavorazione del vetro soffiato

Si ricordano i nomi di alcuni antichi *artisti del vetro* dell'antichità come Ennione di Sidone del I secolo d.C.

Nonostante la disponibilità di nuove tecnologie, il vetro soffiato o lavorato alla fiamma continua a essere prodotto, ad esempio per la realizzazione di opere artistiche. Alcuni artisti che hanno utilizzato il vetro per la produzione delle loro opere sono: Sidney Waugh, René Lalique, Albert Damouse, François Décorchemont, Emile Gallé, Almaric Walter, Gabriel Argy-Rousseau, Dale Chihuly, Hilton McConnico, Denise Gemin e Louis Comfort Tiffany.

Il termine "vetro cristallo", derivante dal cristallo minerale, ha assunto la connotazione di vetro incolore di alta qualità, spesso ad alto contenuto di piombo, ed è in genere riferito ad oggetti raffinati soffiati a mano, che dalla fine del 1800 hanno visto il fiorire

delle vetrerie artistiche di Murano quali: AVEM, Alfredo Barbini, Fratelli Barovier, Barovier & Toso, Fratelli Toso, MVM Cappellin & C., Formia International, Cenedese, Pauly & C. - Compagnia Venezia Murano, SAIAR, Seguso, Salviati, Venini, Zecchin-Martinuzzi.

In Italia la maggior concentrazione di stabilimenti dove viene prodotto il vetro al piombo, comunemente chiamato cristallo, è a Colle di Val d'Elsa dove, dal 1300, viene prodotto il vetro e poi dagli anni 1960 il cristallo arrivando a coprire circa il 95% della produzione italiana ed il 14% a livello mondiale.^[senza fonte]

Esistono molte tecniche di lavorazione artistico per il vetro, ciascuna più adatta per particolari oggetti. L'artista del vetro può *soffiare* il vetro, lavorarlo alla fiamma oppure creare vetrate con forni che raggiungono la temperatura di fusione, inglobando nella lastra base il motivo creato con vetri di colore diverso. È anche possibile tagliare il vetro con seghe al diamante e lucidarne le superfici.

Tra gli oggetti in vetro si hanno: stoviglie (ciotole, vasi e altri contenitori), biglie, perline, pipe da fumo, sculture e mosaici. Spesso vengono utilizzati vetri colorati oppure smaltati, anche se questi ultimi sono considerati da alcuni meno raffinati.

Il museo di storia naturale di Harvard possiede una collezione di riproduzioni estremamente dettagliate di piante ed animali in vetro, lavorati alla fiamma da Leopold Blaschka e figlio, che portarono il segreto della loro tecnica nella tomba. I fiori di vetro di Blaschka sono ancora oggi fonte di ispirazione per gli artisti moderni.

Il vetro colorato ha una lunga storia artistica: molte chiese hanno splendide finestre realizzate con tali vetri (origine delle vetrate).



Vetrata colorata della cattedrale di Les Andelys in Normandia



Scultura di vetro



Tecnica Tiffany

La raccolta e il riciclo del vetro



Raccoglitori per la raccolta differenziata del vetro

I rottami di vetro provenienti dalla raccolta differenziata vengono utilizzati per la maggior parte per ottenere vetro cavo.^[32] Per tale motivo, la raccolta differenziata del vetro è rivolta al riutilizzo di rottami di oggetti in vetro cavo (bottiglie, flaconi e barattoli in vetro), mentre i vetri per finestre e gli specchi (che vengono ottenuti tramite processo float) non vanno inseriti nelle campane per la raccolta del vetro,^[33] in quanto vanno stoccati separatamente.^[34] Non vanno inoltre inseriti nelle campane per la raccolta i vetri pyrex (utilizzato per pirofile e vetreria da laboratorio) e i vetri inseriti in dispositivi elettrici/elettronici (schermi di televisori e lampadine).^[34]