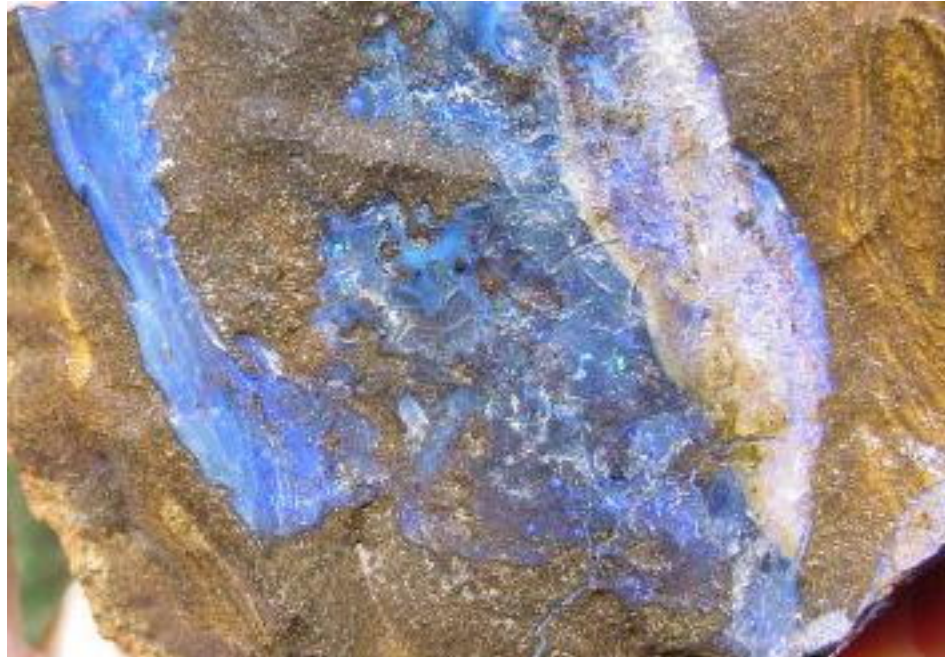


Szkło naturalne

- opal



Szkło naturalne

- Obsydian – szybko ochłodzona lawa;



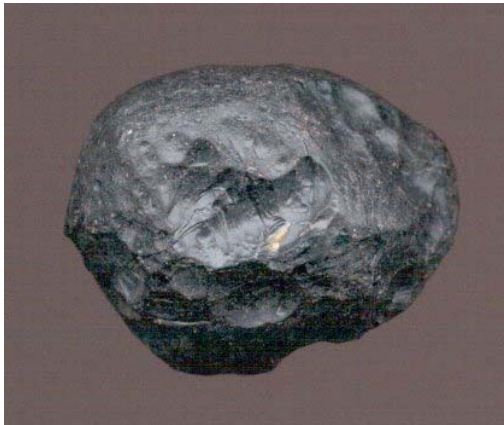
Szkło naturalne

- Fulguryt, strzałka piorunowa, piorunowiec, rurka, pręt kwarcowy powstały z piasku lub skały, stopionych od uderzenia pioruna.



Szkło naturalne

- Tektyty – szkło powstałe wskutek uderzenia (dokładne pochodzenie nieznane)



Legenda

- Początek był, być może, taki: w części Syrii (Phoenicia), blisko Judei, u podnóża góry Carmel i ujścia rzeki Bellus (koło Ptolemais) są mokradła. Piasek jest tam niezwykle czysty. Pewnego razu rozbił się tam statek kupiecki wiozący natron [węglan sodu].



Legenda

- Kupcy znaleźli się na brzegu i aby ugotować posiłek użyli kawałków natronu ze statku (nie było w pobliżu kamieni i aby postawić garnek na ognisku, użyli kawałków natronu). Piasek na brzegu mieszał się z palącym się natronem i strumienie przezroczystej cieczy zaczęły wypływać z ogniska: był to początek technologii szkła.
- (Isidore of Seville, *Etymologies* XVI.16. Translation by Charles Witke.)

Historia

- Technologia szkła została odkryta najprawdopodobniej w Mezopotamii, w rejonie obecnie znanym jako Irak i Syria. Około 3300 lat temu, tajemne "instrukcje" jak budować piece i jak wytapiać szkło zostały zapisane na glinianych tabliczkach pismem obrazkowym. Instrukcje te były później kopiowane przez całe wieki.

Historia

~ 3000
pne

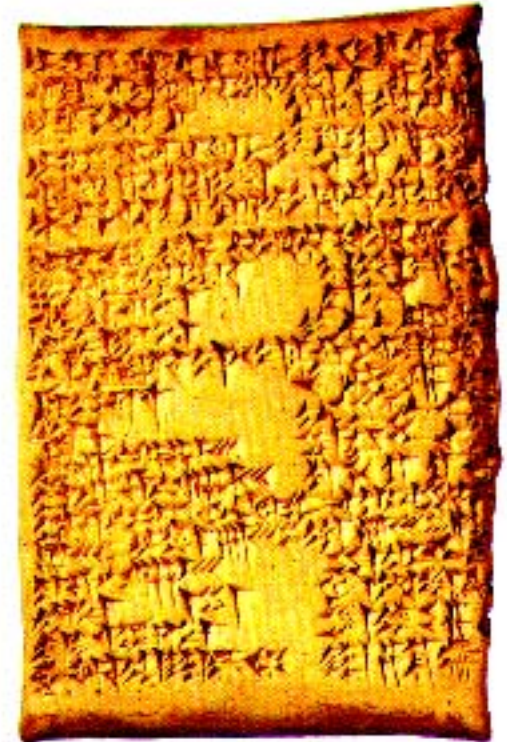
Wytwarzanie szkła na Kaukazie,
początki barwienia szkła

~ 1480
pne

Pojawienie się szkła w Egipcie
Barwienie za pomocą domieszek
takich jak Cu, Fe, Mn, Al

~ 630
pne

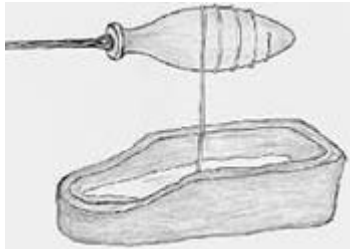
Pierwszy "podręcznik" wytwarzania
szkła (Asyria)



2. Recipes for making two types of glass, written in a cuneiform script on a clay tablet. These instructions are the best preserved and probably the earliest record concerning the manufacture of glass in the ancient world. Mesopotamia, 14th–12th centuries B.C. H. 9.5 cm.

Historia

- Wczesna technologia:
 - Rdzeń z błota i gliny o kształcie np. dzbana;
 - Po wysuszeniu „owijano go półpłynnymi włóknami szkła;
 - Następnie znowu go ogrzewano i ceramicznym narzędziem wygładzano;
 - Na koniec wydobywano rdzeń ze środka.



Historia

- ~ 900 pne Wprowadzenie przemysłu szklarskiego do Syrii i Mezopotamii
- ~ 250 pne Odkrycie technologii dmuchania szkła

Historia

- Technologia wydmuchiwania szkła: za czasów Juliusza Cezara (50 ne)
- Waza z 3-4 wieku naszej ery



Historia

- ~70 Rzymianie wprowadzają produkcję szkła do Europy (Hiszpania, Francja, Italia)
- 79 Pliniusz opisuje produkcję szkła oraz legendy jego odkrycia
- 100 odlewanie szkła w formach
- 591 Pierwsze wzmianki o szybach okiennych (w kościołach)
- 1180 Pierwsze szyby w domach mieszkalnych.

Historia

- 1453 Tajemnice produkcji szkła docierają z Bizancjum do Wenecji
- 1834 Pierwsze teorie dotyczące szkła kwarcowego (Leng)
- 1859 Pierwsza półautomatyczna maszyna do produkcji butelek
- 1925 Metoda "Pittsburgh" wytwarzania szyb
- 1967 Metoda odlewania szyb na stopionej cynie
- 1970 Produkcja włókien optycznych
- 1983 Technologia sol-gel

Co to jest szkło?



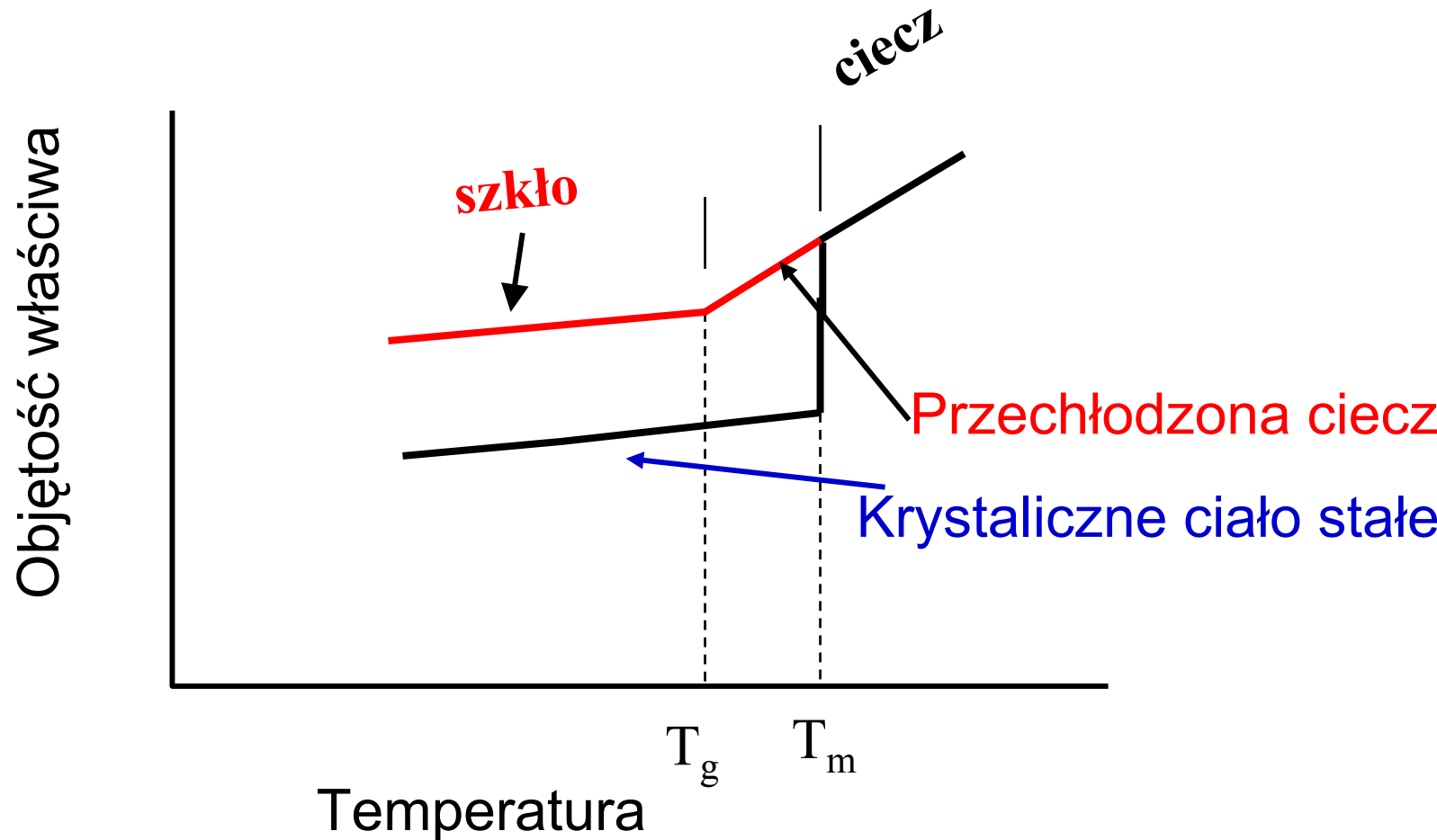
szkło: “materiał nieorganiczny powstały wskutek stopienia a następnie ochłodzenia bez krystalizacji”

- Spełnia makroskopową definicję ciała stałego, chociaż może być też uważane za przechłodzoną ciecz.
- Nie jest plastyczne: może być odkształcone sprężycie lub pęknąć.

Co to jest szkło?

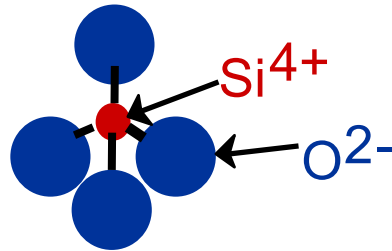
- Uwaga:
- Historycznie rzecz biorąc, termin „szkło” jest zarezerwowane do materiałów amorficznych otrzymanych wskutek szybkiego ochłodzenia cieczy.
- Materiał amorficzny, natomiast, oznacza dowolne ciało stałe o nieperiodycznej sieci atomów.

Jak otrzymać szkło:



Skład szkła

- Głównym składnikiem szkła (zwykłego) jest SiO_2



Nie tylko SiO_2 tworzy szkło:

- **Pierwiastki szklotwórcze** : te, które w związkach z tlenem tworzą sieć wielościanów; mają liczbę koordynacyjną 3 lub 4 (Si, B, P, Ge; As .). Szkło tworzą również inne tlenki, jak Bi_2O_3 , CuO .

Skład szkła (tlenkowego)

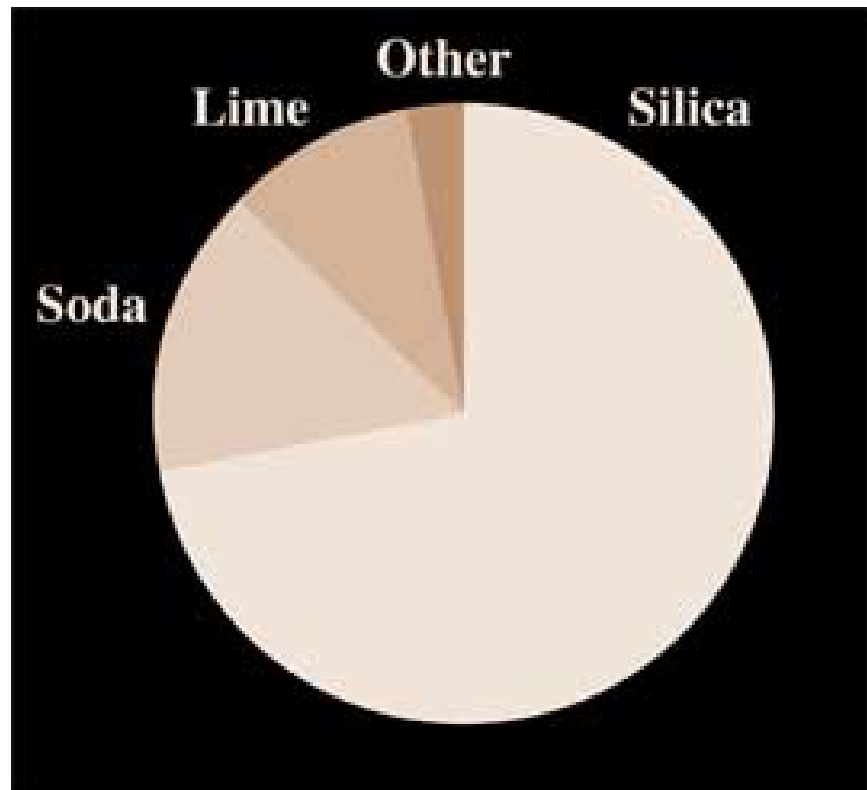
- Szkło, oprócz pierwiastków szklotwórczych, zawiera najczęściej jeszcze inne pierwiastki

Glass Type

Rough Percent Composition by Mass

	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	PbO
<u>soda-lime</u> bottles, windows (ancient and modern) inexpensive, limited resistance to heat and chemicals	70	20	10				
<u>borosilicate</u> lab glass, bakeware, industrial pipe good resistance to thermal shock and chemicals	80	5		12			
<u>aluminosilicate</u> fiberglass, top-of-stove ware excellent resistance to heat and chemicals	55		18	10	14		
<u>lead silicate</u> "crystal", art glass, TV tubes easy to form, cut, engrave, stops radiation	55					13	29
<u>high silica</u> special uses high heat (1500 C) resistance, UV-transparency	96-100						

Skład szkła z czasów rzymskich:



Struktura szkła (tlenkowego)

„ciągła przypadkowa sieć”

– Zacharisen 1933

- Szkło jest zbudowane jak ciągła przypadkowa sieć, w której atomy są rozłożone tak jak w cieczy. Spełnione są zazwyczaj następujące cztery reguły:

1°) atom tlenu może być połączony z najwyżej dwoma innymi atomami;

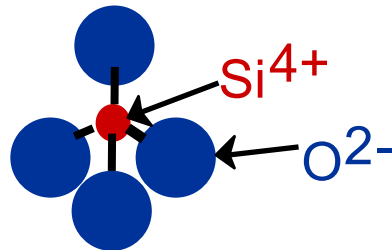
2°) liczba koordynacyjna innych atomów jest zazwyczaj mała (≤ 4);

3°) wielościany koordynacyjne Si-O (lub inne) połączone są między sobą narożami;

4°) wielościany tworzą trójwymiarową strukturę.

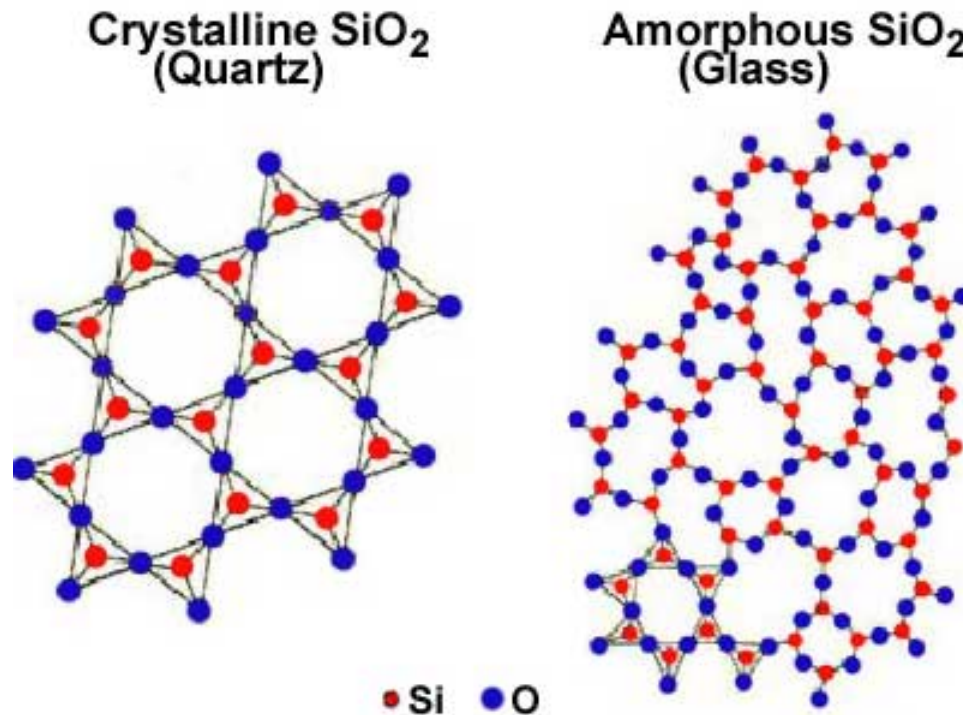
Struktura szkła (tlenkowego)

Elementem podstawowym szkła kwarcowego (podobnie jak krystalicznego kwarcu) jest czworościan SiO_4^{-4} . Liczba koordynacyjna krzemu wynosi 4, zgodnie z 2 regułą Zachariesena.



Czworościany są ze sobą połączone narożami:

Struktura szkła (tlenkowego)

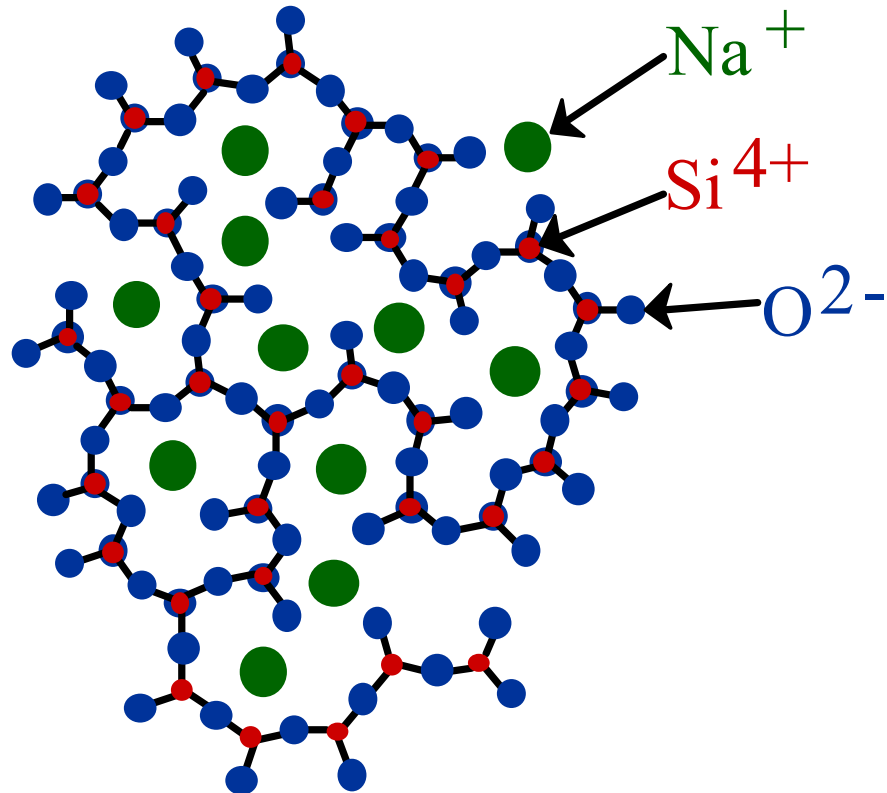


uporządkowanie
bliskiego zasięgu

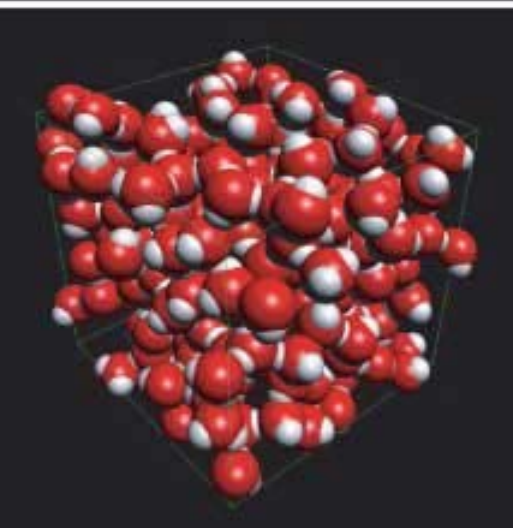
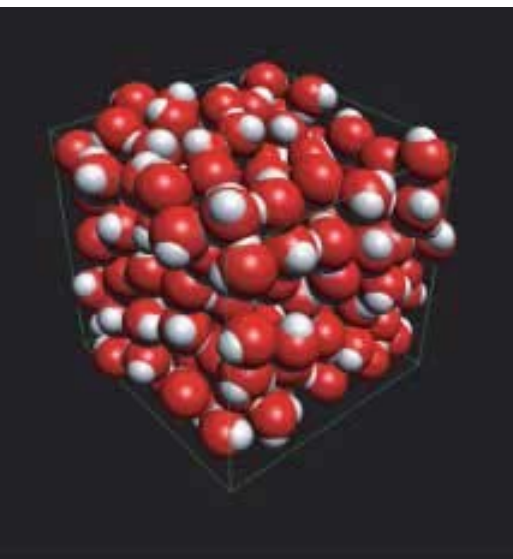
Inne pierwiastki w strukturze szkła:

- **Modyfikatory:** te, które przerywają sieć wielościanów (Na, Ca, Ba, K.) z liczbą koordynacyjną ≥ 6
- **Stabilizatory sieci:** te, które ani nie tworzą ani nie przerywają sieci (Al, Li, Zn, Mg, Pb ..) liczba koordynacyjna 4 i 6

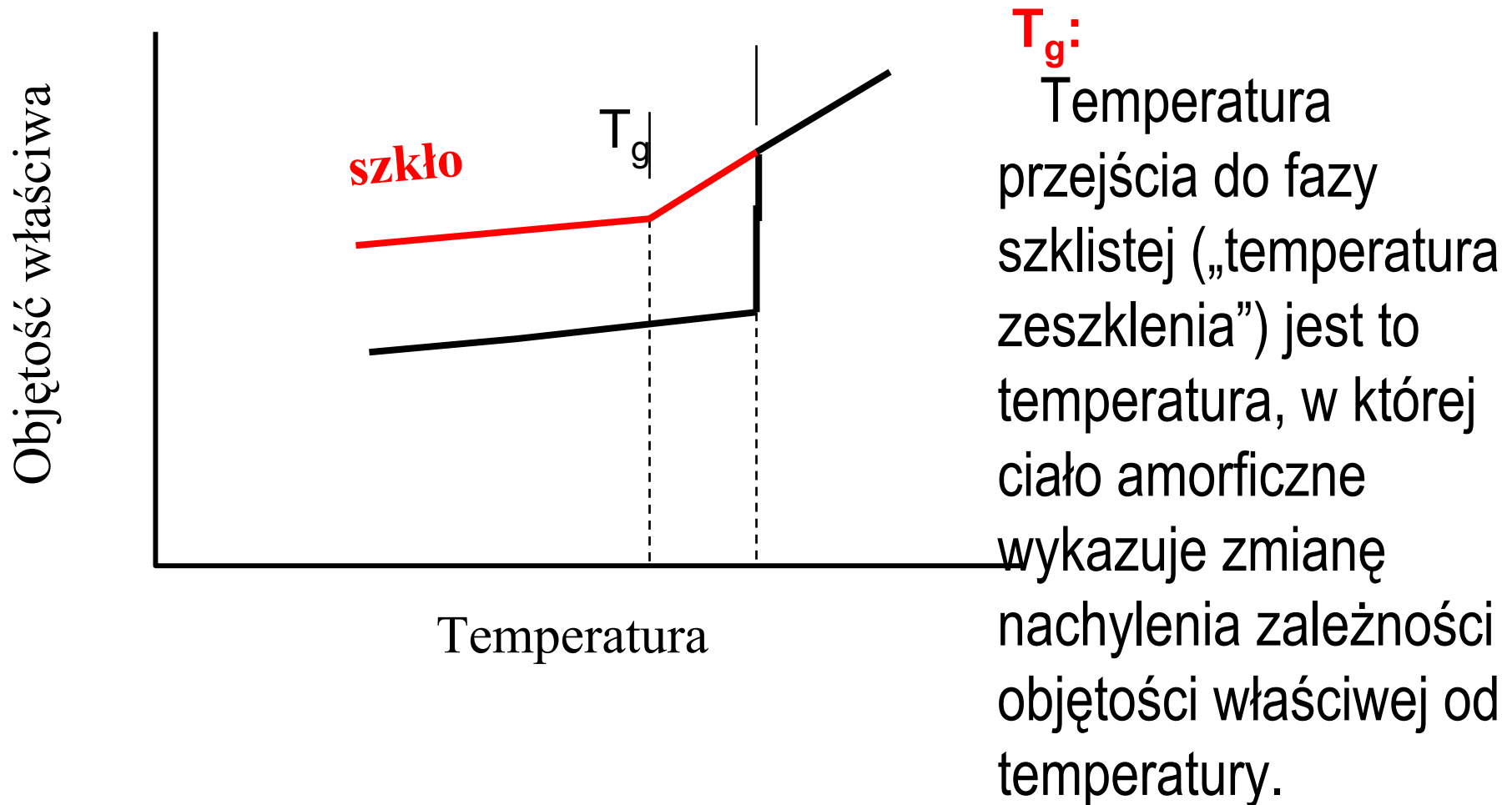
Przykład: szkło sodowe



Amorficzny lód



Właściwości szkła



Przykłady:

- Szkło

- T_g

-
- SiO_2

- 1430 K

-
- GeO_2

- 820 K

-
- polistyren

- 370 K

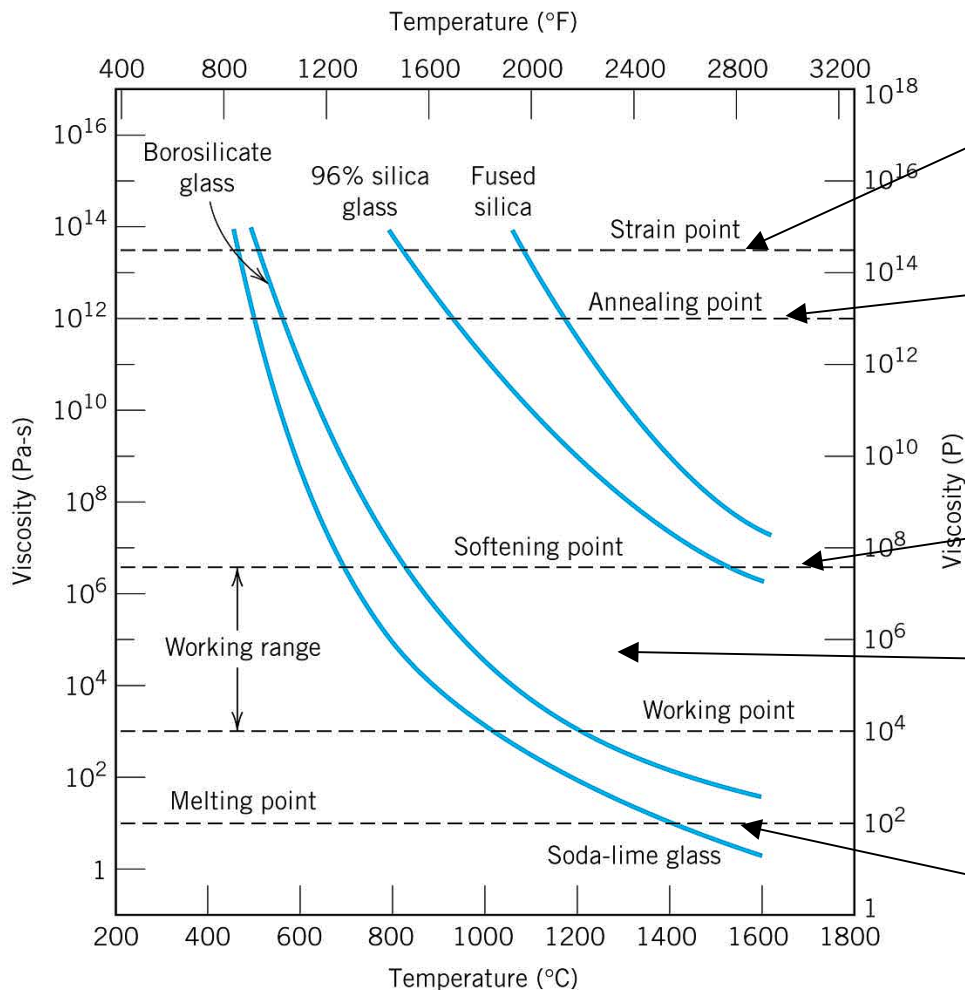
-
- $\text{Au}_{0.8}\text{Si}_2$

- 290 K

-
- H_2O

- 140 K
-

Lepkość szkła



Powyżej tej lepkości szkło jest kruche

Relaksują wewnętrzne naprężenia

Szkło jeszcze zachowuje kształt

W tym zakresie szkło jest formowane

Powyżej 10^2 szkło jest cieczą

Wytwarzanie szkła: ogólnie

- czysty SiO_2 topi się powyżej 1700°C
- Zmieszany z sodą (tlenek lub węglan sodu) topi się w 900°C ale jest rozpuszczalne w wodzie!
- Zmieszany z CaO staje się nierozpuszczalne w wodzie.
- SiO_2 , CaO i Na_2O są głównymi składnikami szkła



Szkło kolorowe

<u>kolor</u>	<u>jon metalu</u>
czerwone	Se lub Au
żółte	Ni^{2+} lub $\text{Cd}^{2+} + \text{S}^{2-}$
zielone	Cr^{3+} lub Fe^{3+}
Niebiesko-zielone	Cu^{2+} lub Fe^{2+}
niebieskie	Co^{2+}
purpurowe	Mn^{2+}
czarne	Cr_2O_3 lub $\text{MnO}_2 + \text{NiO}$
bursztynowe	$\text{Fe}^{3+} + \text{S}^{2-} + \text{C}$
białe (opal)	CaF_2 lub NaCl rozdyspergowane w szkłe

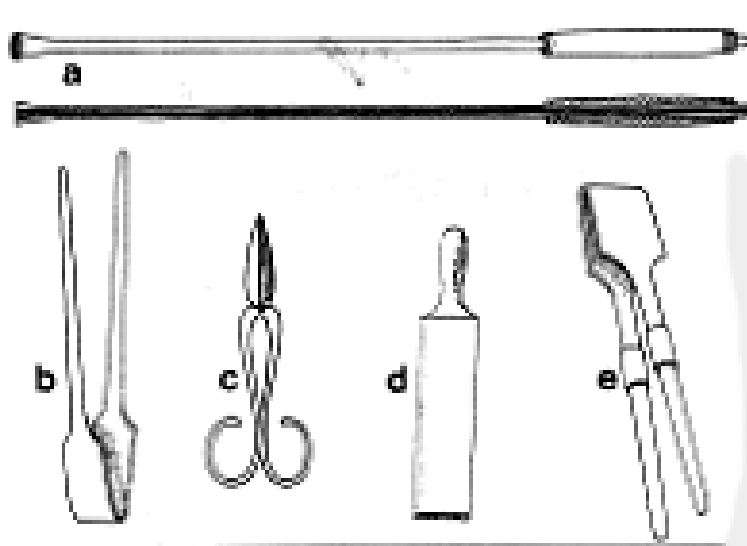


Wytwarzanie szkła

Przedmioty szklane są wytwarzane trzema głównymi metodami:

1. Wydmuchiwanie szkła
2. Prasowanie
3. Wytwarzanie szyb
4. Wytwarzanie włókien
5. Metoda sol-żel

Wydmuchiwanie szkła: dawniej



A: tuba do wydmuchiwania szkła

B: szczypce

C: nożyce

D: płaskie narzędzie pomocnicze służące do formowania wydmuchiwanych kształtów

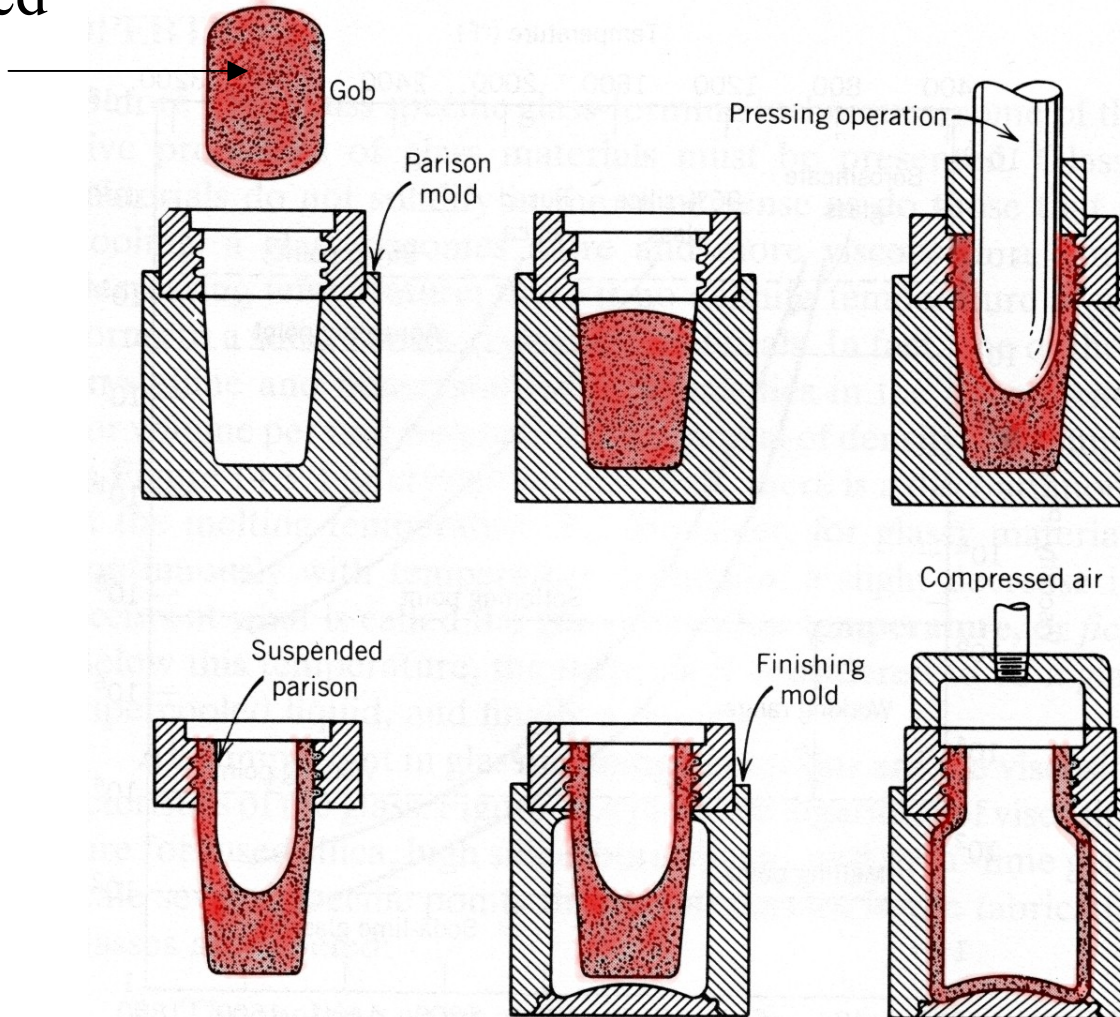


Wydmuchiwanie szkła: czynności

1. Na końcu tuby do wydmuchiwania szkła zaczepia się „kroplę” stopionego szkła (od ćwierć do jednego kilograma).
2. Materiał jest kształtowany, tak żeby był symetryczny, nie za duży itp. (kształtuje się go albo na specjalnym stole, albo odpowiednim narzędziem).
3. Szkło w międzyczasie ostygło: należy je znowu ogrzać (jest specjalny otwór w piecu).
4. Wreszcie samo w sobie wydmuchiwanie: tworzy się odpowiedni kształt i wielkość.
5. Ukształtowanie brzegu naczynia
- 6 .Odprężanie

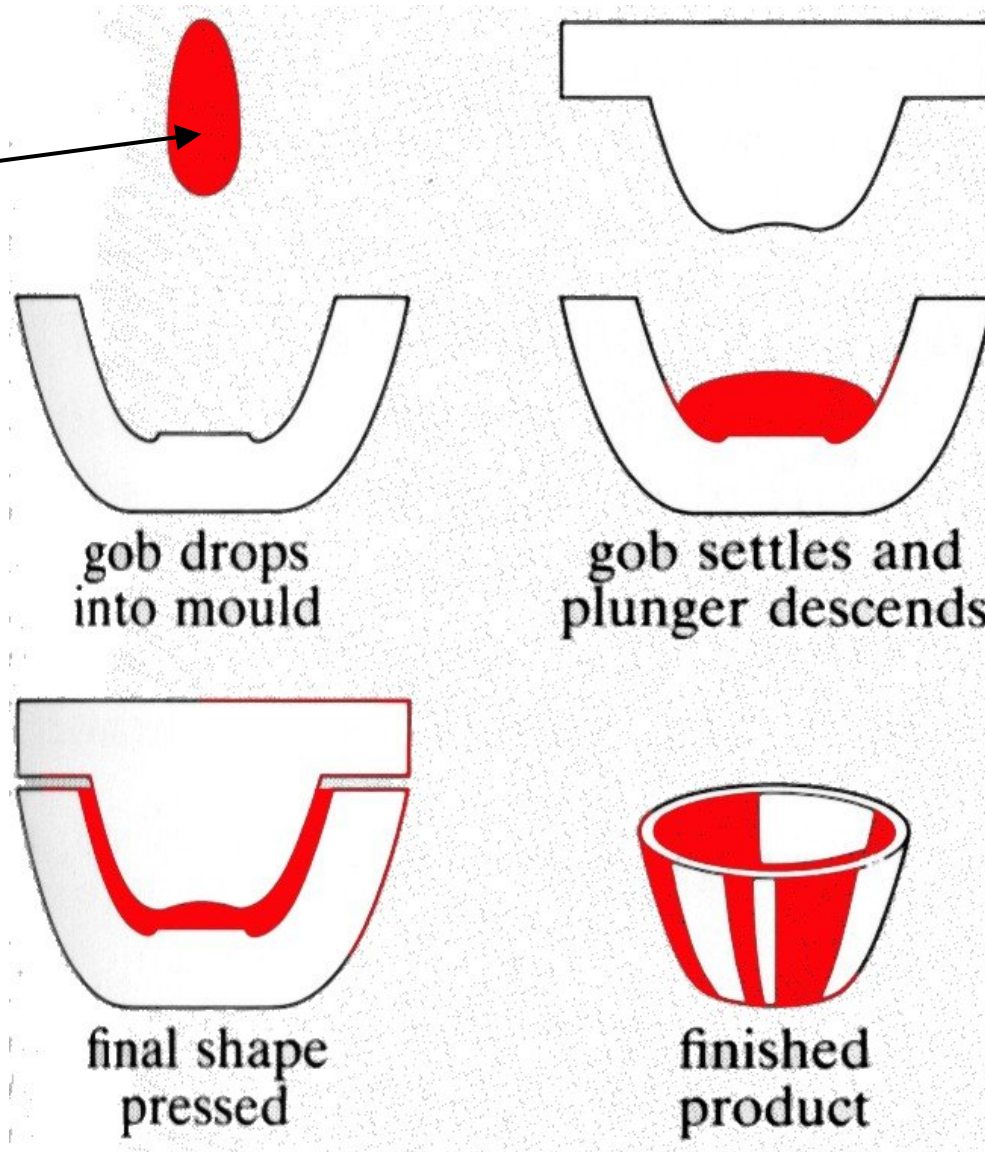
Wydmuchiwanie szkła w wersji zautomatyzowanej:

Softened glass



Prasowanie

Softened
Gob



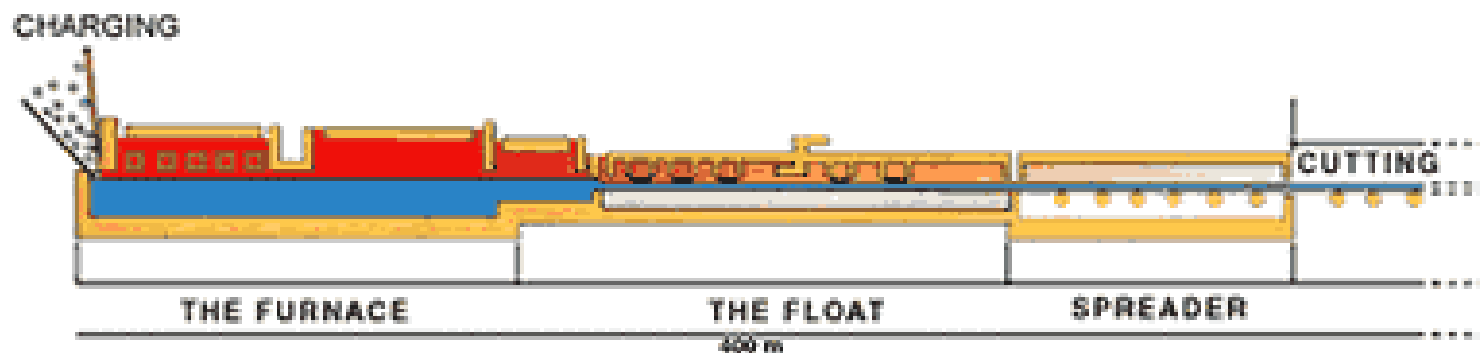
Wytwarzanie szyb; „Pittsburgh process”:

„metoda Pittsburgh”:

Układ precyzyjnych wałków wyciąga warstwę szkła pionowo do góry. Po usunięciu roztopionej cieczy, wałki nadal się obracają i warstwa cała wędruje go góry, gdzie jest cięta na odpowiednie kawałki.

Wytwarzanie szyb na stopionej cynie

Stopione szkło o temperaturze 1500°C , tworzy ciągłą warstwę, która wpływa na stopioną cynę. Warstwa szkła ma grubość od 2 do 12 mm. Temperatura szkła stopniowo maleje i warstwa przybiera kształt równoległociennej, wstęgi.



Wytwarzanie szyb

