

LEZIONI DI TECNOLOGIA CERAMICA

ITS NATTA Direttore Prof. I. Amboni
Via Europa, 15 - Bergamo
Tel. 035/798106

Dott. Giuseppe Pagliara
g.pagliara@pagliara.it

1. INTRODUZIONE AI MATERIALI CERAMICI



PAGLIARA PRODOTTI CHIMICI SPA

Via Don Comotti, 7 - 24050 LURANO (BG) ITALIA

Tel. +39 035 800050 r.a. - Fax. +39 035 800288-800133

Capitale Sociale Deliberato € 2.000.000,00 Versato € 1.600.000,00

C.F. P.IVA IT 01245920168 REA Bg N.185771 Registro Imprese Bg01245920168

www.pagliara.it - pagliara@pagliara.it - pagliaraprodottichimici@registerpec.it

SCIENZA E TECNOLOGIE

SCIENZE PRIMARIE O FONDAMENTALI: Fisica, chimica e matematica.

SCIENZE SECONDARIE O APPLICATE: Sono quelle utilizzate nelle tecnologie produttive e in quelle mediche ed economiche.

LA CHIMICA È LA SCIENZA CHE STUDIA LA MATERIA, IL SUO OTTENIMENTO E LE SUE TRASFORMAZIONI.

LA TECNOLOGIA REALIZZA LA TRASFORMAZIONE DELLA MATERIA IN PRODOTTO E SUCCESSIVAMENTE IN MANUFATTO, UTILIZZANDO LE SCIENZE FONDAMENTALI IN UNIONE CON QUELLA APPLICATA SPECIFICA DEL SETTORE. PER LA CERAMICA DALLE MATERIE PRIME SI SALTA DIRETTAMENTE AL PRODOTTO.

TECNOLOGIA DELLE MATERIE PRIME

In generale:

a) MATERIE PRIME $\xrightarrow{\text{processo}}$ MATERIALI $\xrightarrow{\text{lavorazione}}$ PRODOTTI $\xrightarrow{\text{assemblaggio}}$ MANUFATTI

p. es.: a) minerale di ferro \longrightarrow acciaio \longrightarrow motore \longrightarrow auto

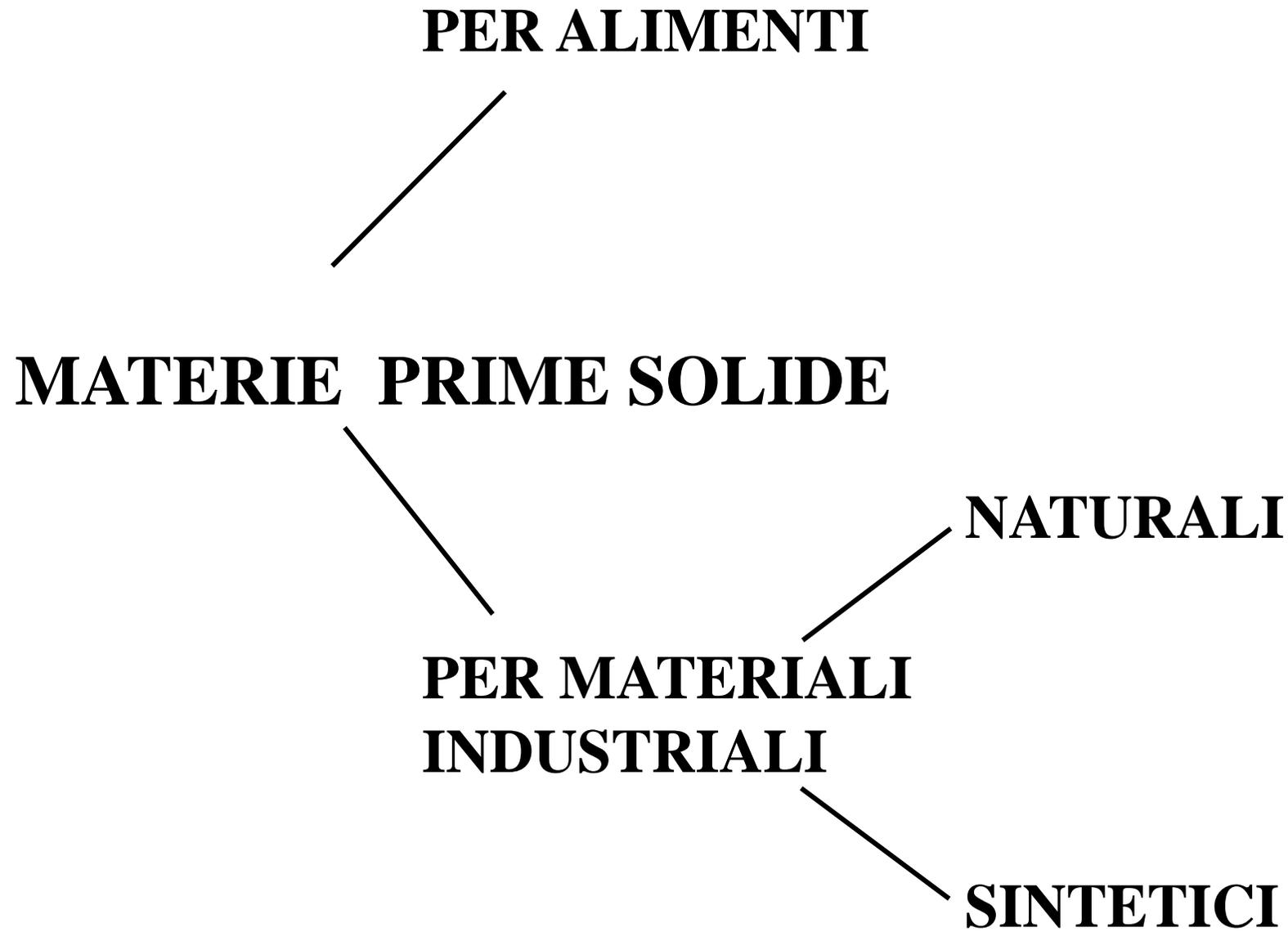
b) propilene \longrightarrow polipropilene \longrightarrow carrozzeria \longrightarrow auto

Per le ceramiche:

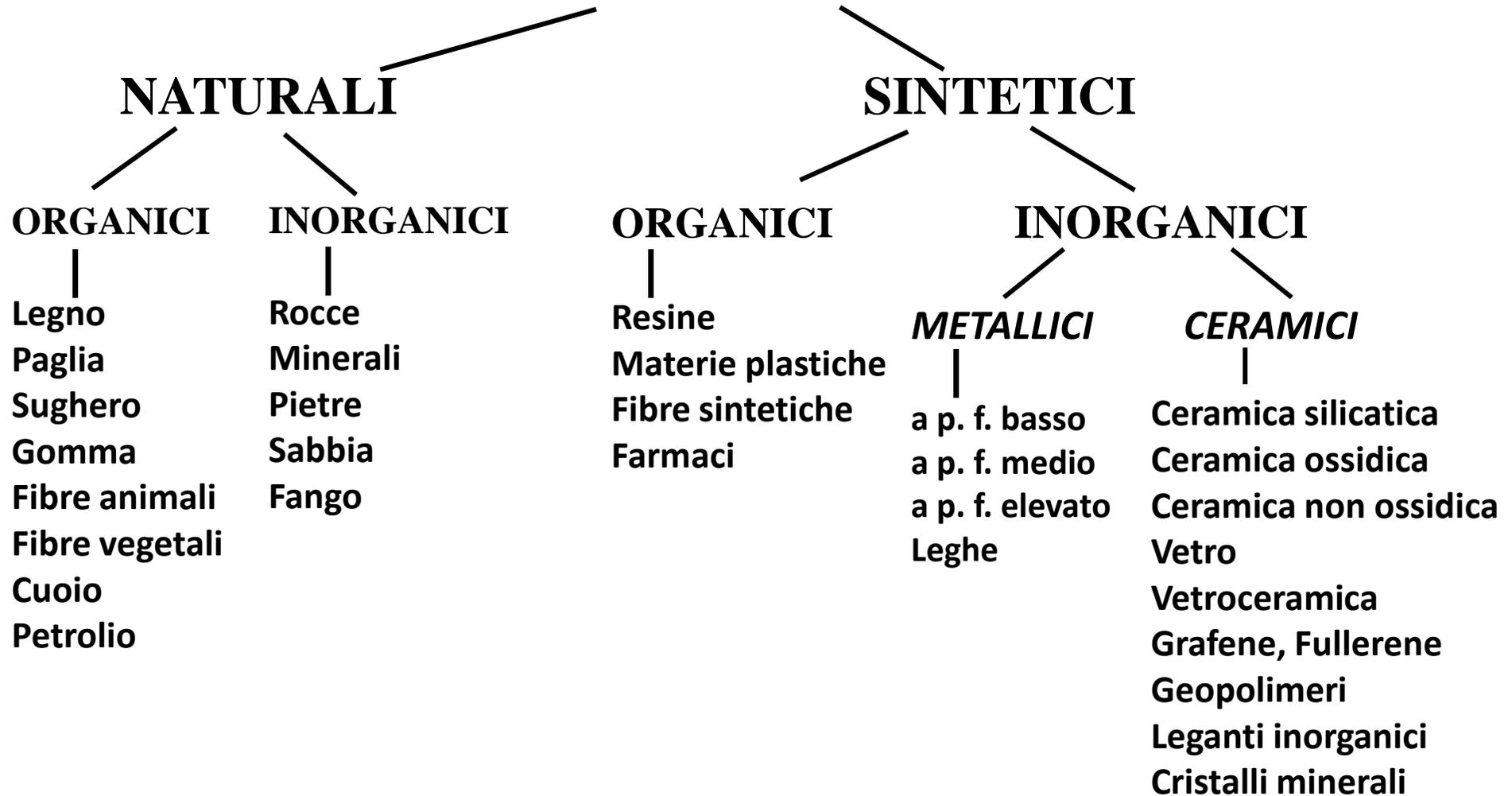
a) MATERIE PRIME CERAMICHE \longrightarrow PRODOTTI DI MATERIALE CERAMICO \longrightarrow MANUFATTI

p. es.: a) argilla \longrightarrow formatura \longrightarrow essiccazione \longrightarrow cottura \longrightarrow vaso ceramico

b) allumina \longrightarrow stampaggio \longrightarrow cottura di guarnizione ceramica \longrightarrow rubinetto



MATERIALI



MATERIALI INDUSTRIALI

METALLI = materiali inorganici duttili, di aspetto metallico, conduttivi del calore e della elettricità, lavorabili per asportazione.

CERAMICHE = materiali inorganici solidi non metallici, duri, insolubili, resistenti alle alte temperature, ma fragili.

MATERIE PLASTICHE = materiali organici polimerici.

COMPOSITI = materiali plurifasici derivanti dall'unione di più materiali che conservano la propria individualità pur partecipando ciascuno alle caratteristiche globali.

MATERIALE	Legame	Microstruttura	Vantaggi	Svantaggi
Metalli e leghe Acciai e ghise Alluminio e leghe Rame e leghe Magnesio e leghe Nichel e leghe Titanio e leghe Zinco e leghe	Metallico	Grani cristallini	Resistenza Rigidezza Duttilità Conduc. Elettrica	Peso Corrosione
Polimeri Naturali (gomma, legno, vernici, bitumi, adesivi) Artificiali (termoindurenti, termoplastici, elastomeri)	Catene di molecole	Catene di molecole	Costo Leggerezza Resist. Corrosione	Resist. Meccanica Resist. Temperatura Rigidezza Scorrimento
Ceramici Tradizionali (cemento, mattoni, gesso piastrelle, porcellana, pietre naturali) Vetro Speciali	Ionico Covalente Amorfo	Grani cristallini Amorfo	Resist. Meccanica Resist. Temperatura Resist. Corrosione Rigidezza Durezza	Fragilità
Compositi A matrice polimerica A matrice metallica A matrice ceramica	Vari	Matrice e fibre	Resist. meccanica Rigidezza Leggerezza	Costo Resist. Temperatura Delaminazione

- Tabella riassuntiva di alcune caratteristiche delle principali categorie di materiali.

STORIA DELLA CERAMICA

26000	A.C.	Primi impieghi in Cecoslovacchia
3000	“	Ruota del vasaio e vasi greci e stoviglie
1000	“	Primi forni. Iniziano gli impieghi per edilizia
300	“	Primi vetri soffiati
50	D.C.	Vetri per finestre a Roma
1200	“	Marco Polo porta la porcellana dura dalla Cina
1500	“	Porcellana tenera a FI. Sviluppo della maiolica
1700	“	Si produce la porcellana dura anche in Europa
1870	“	Refrattari e primi usi tecnici della ceramica
1880	“	F.lli Curie scoprono l'effetto piezoelettrico
1950	“	Sviluppo in USA dei Transistor al silicio. Inizia l'elettronica
1963	“	Primo modulo fotovoltaico in Giappone
1971	“	Primi orologi al quarzo in USA
1975	“	Arriva l'ecografia in Italia
1990	“	LED a luce bianca

CERAMICHE

CERAMICA	COMPOSIZIONE	CARATTERISTICHE	IMPIEGHI	
STANDARD (Classica)	ARGILLOSA	BASILARI Idroplasticità Sinterizzazione Fragilità	DOMESTICA	Artistica, vasi, statue, stoviglie, sanitari, laterizi, piastrelle, vetrine, smalti porcellanati, vetro piano, vetro cavo e fibre di vetro tessili.
			INDUSTRIALE	Refrattari, isolatori, porcellana tecnica, filtri e schiume ceramiche, fibre di vetro per uso tecnico.
TECNICA	NON ARGILLOSA (OSSIDI)	STRUTTURALI Durezza, Rigidità, Resistenza meccanica, chimica, elettrica, termica.	Abrasivi, componenti meccanici, corpi macinati, scudi termici, fibre tecniche inorganiche, inserti taglienti, elettroceramica, bioceramica, compositi ceramici. Adesivi e lubrificanti solidi per alte temperature.	
AVANZATA	OSSIDICA E NON OSSIDICA: PEROVSKITI, YBCO, CARBURI, NITRURI, BORURI	FUNZIONALI Piezo-, Piro-, Foto- -elettricità Semiconduttori drogabili	Diodi, transistor, sensori termici e crepuscolari, ultrasuoni, rivestimenti sottili, lampade LED, dischi freni, ultrarefrattari, nanoceramiche, grafene, fullerene, ceramica per elettronica e per teranostica.	

SETTORI DELLA CERAMICA

- A. CERAMICA DOMESTICA (Artistica, stoviglie, sanitari, tubazioni, piastrelle, laterizi)
- B. CERAMICA TECNICA (Elettroceramica, refrattari, abrasivi, schiume, corpi filtranti e adsorbenti, adesivi inorganici, geopolimeri, inserti per utensili da taglio, lubrificanti solidi)
- C. CERAMICA AVANZATA (per elettronica, informatica, bioceramica, nanoceramica)
- D. VETRO (artistico, piano e cavo, vetroceramica, fibre inorganiche di vetro ecc.)
- E. COMPOSITI (a matrice o rinforzo ceramico)
- F. RIVESTIMENTI CERAMICI (macro, micro e nano)
- G. CERAMIZZAZIONE TESSUTI
- H. GRAFITE, GRAFENE E FULLERENE
- I. BIOCERAMICA E TERANOSTICA MEDICA
- J. LEGANTI INORGANICI (non trattati in questo corso)

N.B.: TERANOSTICA = TERAPIA + DIAGNOSTICA

MATERIE PRIME CERAMICHE

**Derivano dalla frantumazione,
macinazione e combinazione di rocce
terrestri opportunamente selezionate**

TIPI DI ROCCE

- MAGMATICHE** - Derivanti da solidificazione del magma fuso (basalto, feldspato, granito).
- SEDIMENTARIE** - Derivanti da costipamento fisico o cementazione chimica di precipitati, sedimenti o detriti (arenaria, calcare, dolomite, travertino).
- METAMORFICHE** - Derivanti da trasformazione chimico-fisica dovuta al cambiamento delle condizioni ambientali di P e T (alabastro, marmo, talco, cloriti).

MATERIE PRIME CERAMICHE

- ARGILLOSE** - Silico-alluminati plastici, il cui impasto acquoso è deformabile in modo permanente (per es. argilla caolino ecc.)
- NON ARGILLOSE** - Silicati e silico-alluminati privi di plasticità che si usano per smagrire la plasticità e funzionare da fondente (per es. feldspati, quarzo ecc.)
- OSSIDICHE** - Ossidi di metalli utilizzati per ceramiche tecniche industriali con elevate caratteristiche strutturali (per es. Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO ecc.)
- NON OSSIDICHE** - Composti binari utilizzati per ceramiche avanzate dotate cioè di particolari caratteristiche funzionali (per es. SiC , B_4C , AlN , Si_3N_4 , CBN , HBN , ecc.)

PER LA DIFFERENZIAZIONE DEI MATERIALI CERAMICI È DECISIVA LA DIFFERENZIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE

CARATTERISTICHE BASILARI → CERAMICA PROPRIAMENTE DETTA

CARATTERISTICHE STRUTTURALI → CERAMICA TECNICA

CARATTERISTICHE FUNZIONALI → CERAMICA AVANZATA

CARATTERISTICHE BASILARI

- IDROPLASTICITÀ = FORMABILITÀ
- DENSIFICAZIONE = CONSOLIDAMENTO DELLA FORMA IMPRESSA, MEDIANTE COTTURA AD ALTA TEMPERATURA
- INDISTRUTTIBILITÀ = DUREZZA E RESISTENZE MECCANICHE ELEVATE
- INALTERABILITÀ = RESISTENZA NEL TEMPO AGLI AGENTI CHIMICI ATMOSFERICI
- FRAGILITÀ = SCARSA RESISTENZA AGLI URTI E COLPI

CARATTERISTICHE STRUTTURALI

I materiali ceramici oltre che per la composizione, si differenziano anche per la struttura. Materiali aventi la stessa composizione chimica possono quindi differire per la diversa morfologia della struttura. Esempio tipico è il carbonio che si presenta in diverse forme allotropiche:

DIAMANTE	a struttura cristallina tetraedrica
GRAFITE	a struttura cristallina planare esagonale
CARBONE	a struttura amorfa

È evidente quindi che ad ogni struttura competono differenti caratteristiche fisiche che vengono perciò dette “caratteristiche strutturali”.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Alcuni materiali ceramici posseggono proprietà straordinarie spesso in contraddizione con le aspettative.

Si tratta quindi di caratteristiche che vengono sfruttate per particolari funzioni che spesso originano lo sviluppo di nuove tecnologie dette avanzate.

È pur chiaro che anche le caratteristiche funzionali possono essere spiegate tramite la struttura atomica del materiale, i legami chimici e le forze intermolecolari.

La ceramica classica utilizza le caratteristiche basilari per usi domestici, la ceramica tecnica quelle strutturali per impieghi tecnici, la ceramica avanzata quelle funzionali per impieghi avanzati.

CHIMICA COMPUTAZIONALE

La ricerca di prodotti chimici con caratteristiche strutturali e funzionali superiori, si è organizzata su modelli matematici dando inizio alla CHIMICA COMPUTAZIONALE che permette di prevedere su base teorica le caratteristiche di composti chimici già noti ma non studiati e addirittura non ancora sintetizzati.

CERAMICA CLASSICA

CARATTERISTICHE BASILARI

PLASTICITÀ = FACILE FORMABILITÀ
DENSIFICAZIONE A COTTURA
INALTERABILITÀ NEL TEMPO
RESISTENZA MECCANICA MA FRAGILITÀ
RESISTENZA AGLI AGENTI ESTERNI
FRAGILITÀ



IMPIEGHI DOMESTICI

CERAMICA ARTISTICA, VASI,
STATUINE, FIORI, MAIOLICHE,
TERRECOTTE, STOVIGLIE, SANITARI,
LATERIZI, PIASTRELLE, TUBI

CERAMICA TECNICA

CARATTERISTICHE STRUTTURALI

IMPIEGHI TECNICI

DUREZZA	—————>	ABRASIVI, CORPI MACINANTI, UTENSILI DA TAGLIO
DUREZZA + RESISTENZA MECCANICA	—————>	PARTI DI MACCHINE, RIVESTIMENTI BALISTICI
RESISTENZA TERMICA	—————>	REFRATTARI PER FORNI E METALLURGIA, BARRIERE TERMICHE
RESISTENZA TERMICA + MECCANICA + CHIMICA A ALTA T	—————>	CROGIOLI, SCUDI AEROSPAZIALI, PARTICOLARI DI MOTORI ENDOTERMICI, INSERTI PER UTENSILI
RESISTENZA A USURA	—————>	TIRAFILI PER TESSILI, PARTICOLARI ANTIUSURA, UTENSILI DA TAGLIO
TRASPARENZA	—————>	VETRI PIANI E CAVI, FIBRE OTTICHE, FIBRE PER RINFORZO COMPOSITI, LENTI OTTICHE
DILATAZIONE TERMICA NULLA	—————>	VETROCERAMICA PER PIANI COTTURA, VETRI PER ALTA TEMP.
DIELETTRICITÀ	—————>	ISOLATORI ED ELETTRCERAMICHE
EFFETTO LEGANTE	—————>	ADESIVI CERAMICI E LEGANTI GEOPOLIMERICI

CERAMICA AVANZATA

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

IMPIEGHI AVANZATI

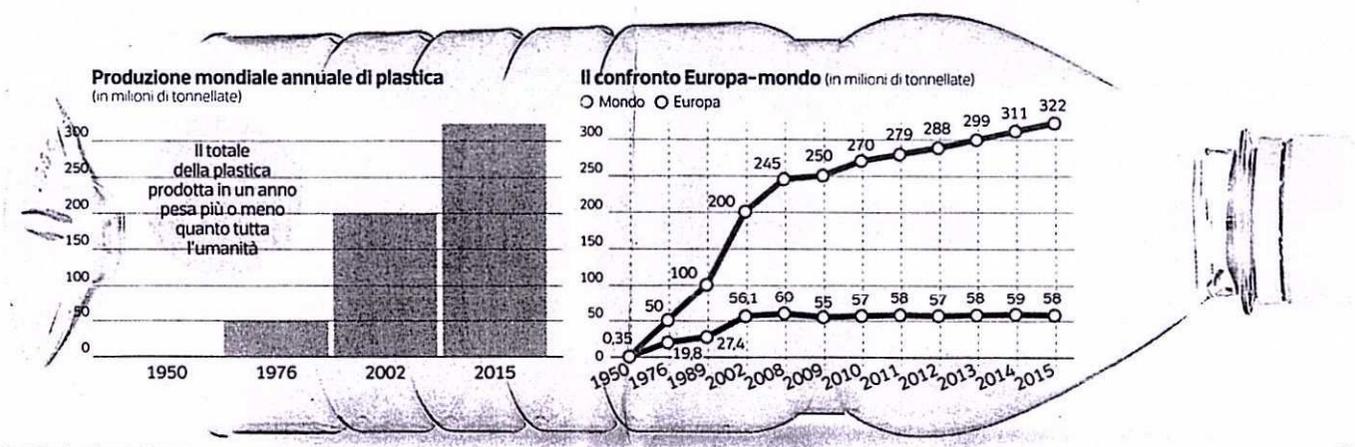
SEMICONDUITTIVITÀ	—————>	TRANSISTOR
FOTOVOLTAICITÀ	—————>	CELLE FOTOELETTRICHE
ELETTROLUMINESCENZA	—————>	LED, SENSORI LUMINOSI
PIEZOELETTRICITÀ	—————>	OROLOGI AL QUARZO, MICROFONI, ALTOPARLANTI, ACCENDIGAS
PIEZOMOTORE	—————>	ULTRASUONI PER ECOGRAFIA, LITOTRITORI, SONAR, PULIZIA DI SUPERFICI, SALDATURA MATERIE TERMOPLASTICHE, CONTROLLI NON DISTRUTTIVI
PIROELETTRICITÀ	—————>	SENSORI TERMICI, TERMOMETRI REMOTI
PIROELETTRICITÀ INVERSA	—————>	SENSORI PER AIR BAG, TERMOSTATI
BIOCOMPATIBILITÀ	—————>	PROTESI ORTOPEDICHE E DENTALI
EMOCOMPATIBILITÀ	—————>	VALVOLE CARDIACHE E STENT
SUPERCONDUITTIVITÀ	—————>	TRENI A LEVITAZIONE MAGNETICA
FERROMAGNETISMO	—————>	MAGNETI PERMANENTI A MATRICE ORGANICA
SFOGLIABILITÀ MINERALE	—————>	LUBRIFICAZIONE SOLIDA, GRAFITE, NBN, MICA, SOLFURO DI MILIBDENO
NANOCERAMICA	—————>	NANO RIVESTIMENTI DI METALLI, SENSORI DI GAS E UMIDITÀ, FOTONICA (COLORI SENZA PIGMENTI, LASER), NANOMEDICINA E TERANOSTICA

IMPIEGHI DEI MATERIALI CERAMICI

La grande diversificazione di tipi, di caratteristiche e di proprietà, rende la ceramica di impiego trasversale a molteplici discipline: dalla meccanica all'elettronica, dalla elettrotecnica al tessile, dalla informatica alla diagnostica, dall'ottica alla illuminotecnica ecc.

Molte di queste realizzazioni sono avvenute in tempi recentissimi e sono state di base per lo sviluppo di nuove discipline. Attraverso il grande successo della moderna ceramica avanzata si è realizzato il riscatto della chimica inorganica nei confronti della chimica organica che nel XX secolo, con la enorme diffusione delle materie plastiche, ha reso la nostra vita migliore.

La chimica inorganica, attraverso l'incredibile sviluppo delle ceramiche avanzate ha permesso la nascita dell'informatica, dell'elettronica, della diagnostica medica ecc. che hanno addirittura cambiato la nostra vita.



Fonti: The Guardian, statista.com

CdS

MATERIE PLASTICHE NEL MONDO (1916)

PRODUZIONE 2016: 322 milioni di tonn.

DISTRIBUZIONE: Cina 26%; USA 23%; EU 20%; Altri 31%

SETTORI: Imballi 40%; Edilizia 20%, Auto 9%, Altri 31%

DESTINAZIONE A FINE USO: Riciclo 20%; Incenerimento 35%; Discarica 30%; Dispersione 15%

in mare 3-5%

a terra 10-12%

ADDETTI: > 1,4 milioni

GIRO DI AFFARI: > 16,5 miliardi di Euro

CHIMICA ORGANICA VS CHIMICA INORGANICA

- La CHIMICA ORGANICA è oggi impegnata a risolvere i danni e le problematiche determinate dalla enorme massa di materie plastiche indistruttibili che hanno invaso la nostra terra e i nostri mari. Negli oceani si sono formate 5 isole di materia plastica grandi come gli Stati Uniti la soluzione è verso lo sviluppo di nuovi polimeri biodegradabili.
- La CHIMICA INORGANICA è oggi impegnata a seguire lo sviluppo frenetico dei prodotti ceramici e nanoceramici per le tecnologie più moderne come elettronica, fotonica, telecomunicazioni, digitalizzazione, informatica, nanomedicina e biomedicina, verso il consolidamento della “Quinta Rivoluzione Industriale”, quella della digitalizzazione universale iniziata nel 2005.

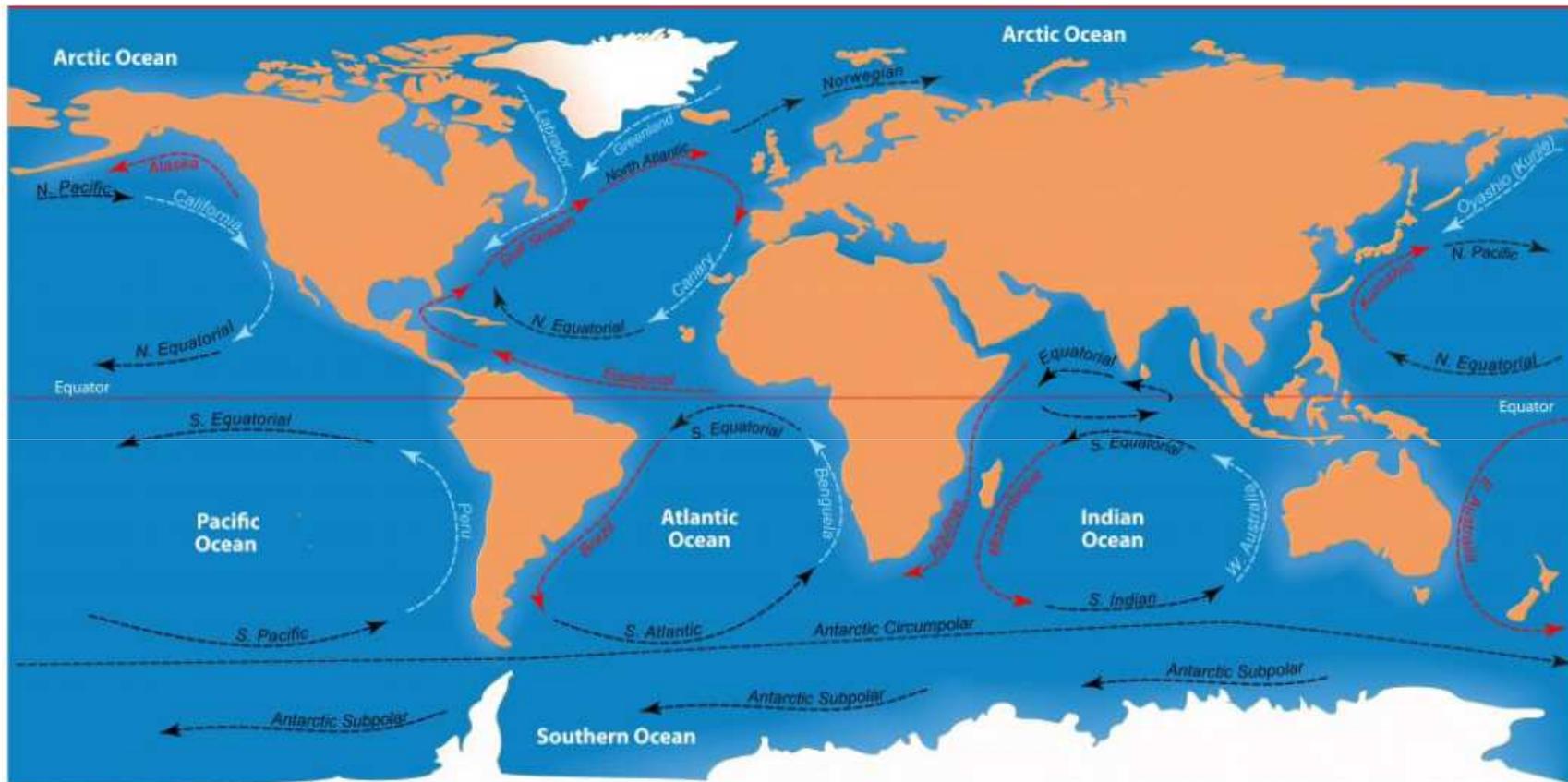
LE RIVOLUZIONI INDUSTRIALI

	ANTE < 1760	I 1760	II 1850	III 1940	IV 1970	V 2005
ENERGIA	animale eolica	vapore	elettrica	endotermica	fotovoltaica	sostenibile
PRODUZIONE	agricola	industria tessile	industria pesante	polimeri	elettronica	informatica
TRASPORTI	animale	battelli a vapore	ferrovia	strada	treni a levitazione magnetica	interspaziali
COMUNICAZIONE	verbale	strade	telegrafo telefono	radio, TV	internet videotelefono	digitalizzazione universale
ECONOMIA PREVALENTE	primaria	secondaria + primaria	secondaria + terziaria	terziaria	terziaria + quaternaria	quaternaria

ATTIVITÀ

- PRIMARIE** = Agricoltura, allevamento, pesca, estrazione.
SECONDARIE = Manifattura, industria, artigianato.
TERZIARIE = Servizi pubblici e privati, banche, assicurazioni.
QUATERNARIE = Informatica, ricerca, telecomunicazione, elettronica.





---> Warm current

---> Cold current

---> Neutral current
wiseGEEK





Chi è



● Caroline Power (sopra), 30 anni, fotografa subacquea, è l'autrice di questo portfolio di denuncia. Statunitense, da 10 anni vive a Roatán, in Honduras. Ambientalista, collabora con il Roatán Marine Park



Roatán, Honduras L'isola circondata dalla spazzatura



Posate, bottiglie e contenitori vari in plastica intrappolati tra le alghe intorno all'isola di Roatán in Honduras



Tra le alghe Posate e contenitori vari intrappolati tra le alghe. La plastica è uno dei principali nemici degli Oceani: sono 690 le specie a rischio. Quando poi i pesci la mangiano entrano nella catena alimentare







Qui sopra, un pesce balestra tra bottiglie, coperchi e tappi di plastica.

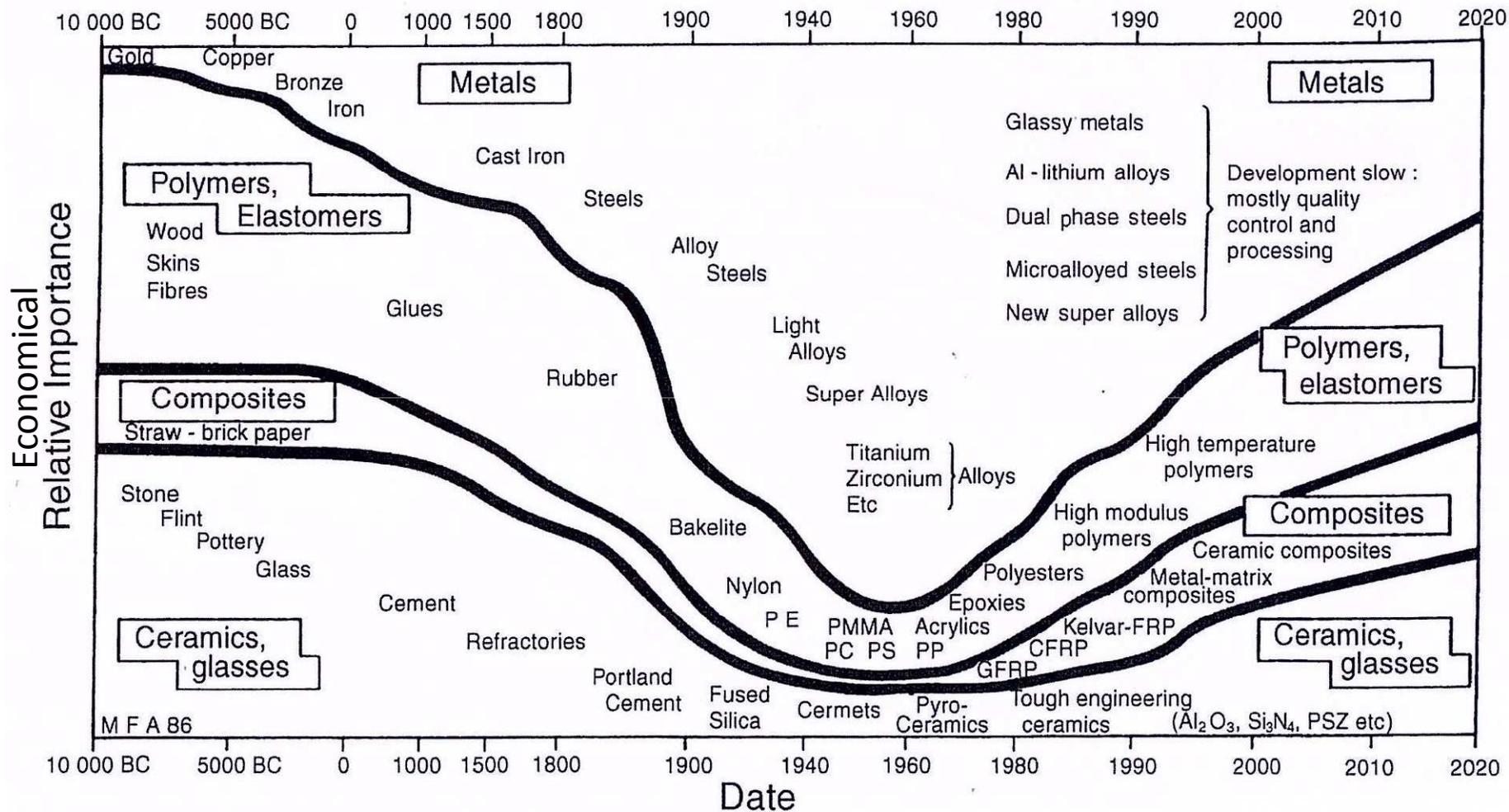
MARE MEDITERRANEO

Si valuta che nel Mare Mediterraneo vengono gettate 731 t di plastica ogni 24 ore ed in particolare:

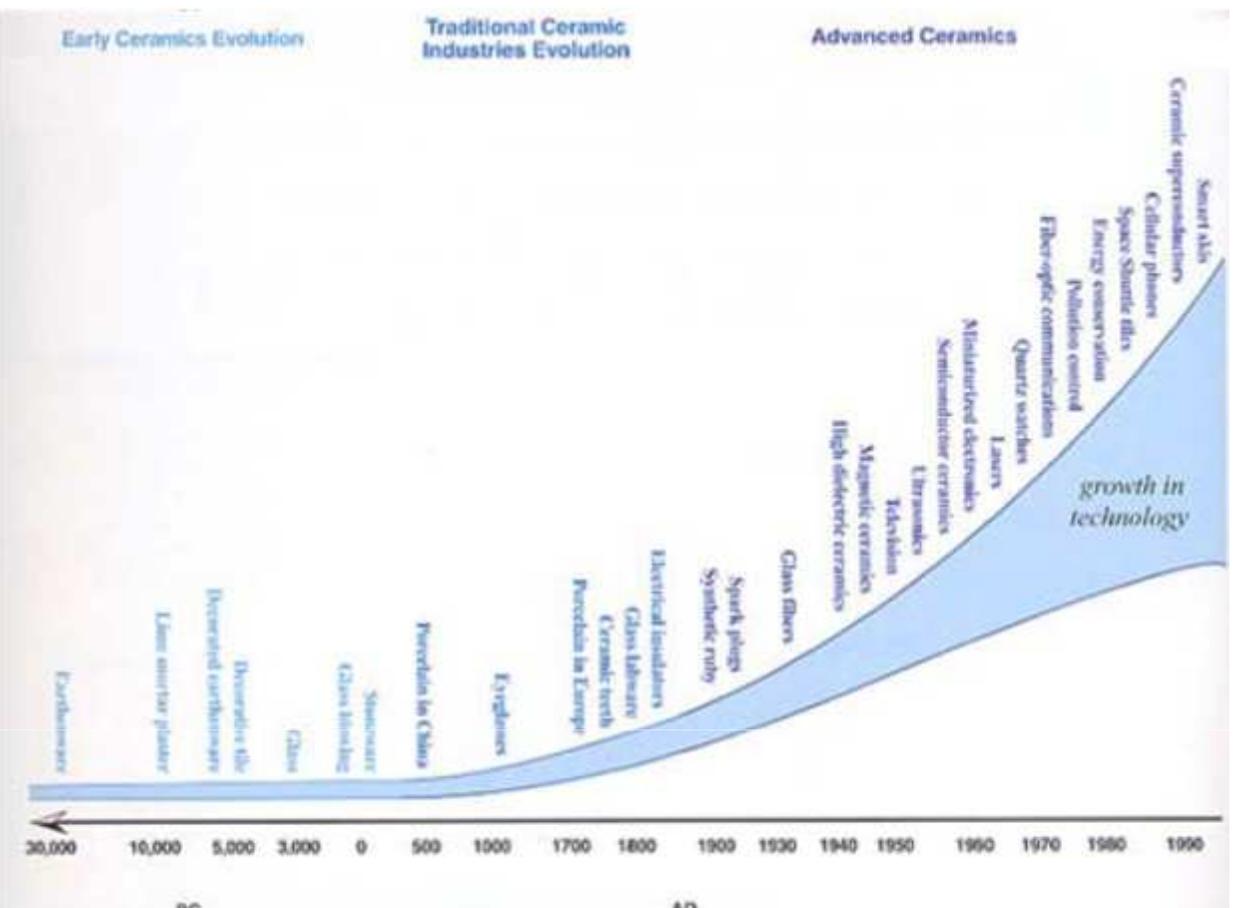
da Turchia	144 t
Spagna	125
Italia	89
Egitto	77
Francia	66
Algeria	47
Israele	40

Il 17% è costituito da sacchetti.

Di conseguenza le coste del Mediterraneo sono invase da plastica e si sono già formate localmente delle “piccole” isole.



LIVELLO TECNOLOGICO



- Sci Smart
- Superconduttori ceramici
- Tel. Cellulari
- Prot. navetta spaziale
- Riserva energetica
- Risparmio
- Controllo inquinamento
- Fibre ottiche
- Orologi al quarzo
- Laser
- Elettronica Miniaturizzata
- Semiconduttori ceramici
- Ultrasuoni
- TV
- Ceramica Magnetica
- Ceramica altamente dielettrica
- Fibre di vetro
- Candele di accensione
- Rubini sintetici
- Isolatori elettrici
- Vetria da laboratorio
- Denti ceramici
- Porcellana in Europa
- Lenti per occhiali
- Porcellana in Cina
- Rivestimenti ceramici
- Vetri soffiati
- Vetro
- Cer. Decorativa
- Terrecotte decorative
- Malta a calce
- Terracotta

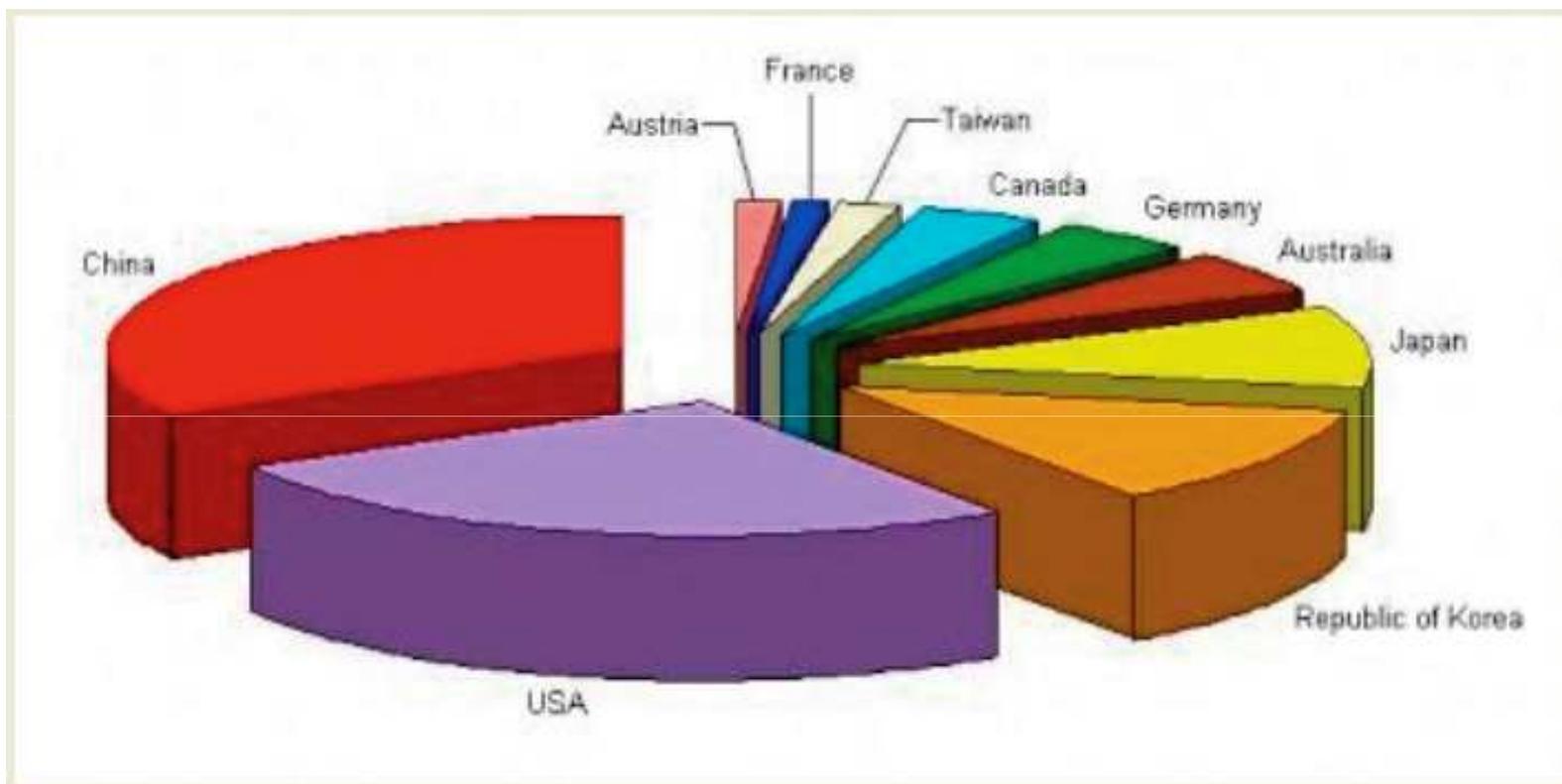
Historische Entwicklung der Keramik



Pagliara
prodotti chimici spa

L'INDUSTRIA CERAMICA IN ITALIA

	<i>ADDETTI</i>	<i>FATTURATO</i> <i>Milioni di €</i>
CLASSICA	30.000	45.000
INGEGNERISTICA	10.000	15.000
AVANZATA, TECNICA E NANO	10.000	40.000
	50.000	100.000



Brevetti sulla nanotecnologia nel mondo

Programma delle lezioni di Tecnologia dei materiali ceramici

- 1. Introduzione al corso**
- 2. Nozioni di base e ceramica artistica**
- 3. Vetrine e Smalti per ceramica**
- 4. Ceramica domestica e per edilizia**
- 5. Piastrelle**
- 6. Ceramica filtrante ed adsorbente (schiume e membrane)**
- 7. Refrattari**
- 8. Abrasivi**
- 9. Utensili da taglio**
- 10. Adesivi ceramici e geopolimeri**
- 11. Elettroceramiche e isolatori**
- 12. Ceramiche tecniche**
- 13. Lubrificanti solidi e ceramiche antiusura**
- 14. Ceramiche avanzate**
- 15. Bioceramiche**
- 16. Vetro artistico piano e cavo**
- 17. Vetroceramiche**
- 18. Fibre inorganiche (di vetro, ceramica, carbone)**
- 19. Compositi ceramici**
- 20. Nanoceramiche**
- 21. Rivestimenti ceramici macro, micro, nano**
- 22. Tessuti ceramizzati**
- 23. Grafite, Grafene e Fullerene**
- 24. Fotonica e Nanofotonica**
- 25. Nanoceramica per teranostica**
- 26. Tavole di utilità**
- 27. Bibliografia e sitografia generale**

BIBLIOGRAFIA

F. BILLI – *Materie Prime Ceramiche* – Soc. Ceramica It. - 2002

A. NEGRO – *Scienza e Tecnologia dei Materiali* – Celid - 2012

W. CALLISTER – *Scienza e Ingegneria dei Materiali* – Edises Ed. - 2012

C. BARRY CASTER – *Ceramic Materials* – Springer Ed. - 2013

H. SAECHTLING – *Manuale delle Materie Plastiche* – Tecniche Nuove - 2010

M. CAPONERA – *L'Isola di Plastica* – Alter Ego – 2016

SITOGRAFIA

A. Licciulli – Prof. Unile – *VOCI SPECIFICHE*

Wikipedia – *VOCI SINGOLE*