

# SCIENZA DEI MATERIALI DENTALI

**Seconda Edizione**

**Volume I**



### **Prof. Francesco Simionato**

Nel 1968 inizia l'insegnamento della Tecnologia Odontotecnica, divenuta nel seguito Scienza dei materiali dentali, nel primo corso statale di Odontotecnica istituito nella provincia di Padova.

Negli anni successivi, su richiesta della Presidenza dell'Istituto in cui insegna, intraprende lo studio e l'insegnamento della Biomeccanica masticatoria e Protesi applicata.

In seguito, frequenta e completa i corsi statali per l'insegnamento della Chimica e prosegue l'insegnamento della Scienza dei materiali dentali per una durata complessiva di 35 anni.

Nell'amministrazione scolastica pubblica ha svolto per molti anni funzioni di direttore di scuola coordinata, docente in corsi di aggiornamento, consulente del Ministero della Pubblica Istruzione, componente di Commissioni esaminatrici in Concorso a cattedre, Commissario governativo.

Ha collaborato per molti anni con il corso di laurea in Odontoiatria e Protesi dentaria dell'Università degli Studi di Padova.

**Francesco Simionato**

# **SCIENZA DEI MATERIALI DENTALI**

**Seconda Edizione**

**Volume I**

CON ESPANSIONE ONLINE

**PICCIN**

Opera coperta dal diritto d'autore – tutti i diritti sono riservati.

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

#### AVVERTENZA

Indicazioni accurate, effetti indesiderati e dosaggi per i farmaci sono indicati nel libro, ma è possibile che cambino. Il lettore deve esaminare le informazioni contenute nel foglietto illustrativo dei produttori dei medicinali menzionati. Gli autori, curatori, editori o distributori non sono responsabili per errori od omissioni o per qualsiasi conseguenza derivante dall'applicazione delle informazioni di quest'opera, e non danno alcuna garanzia, esplicita o implicita, rispetto al contenuto della pubblicazione. Gli autori, curatori, editori e distributori non si assumono alcuna responsabilità per qualsiasi lesione o danno a persone o cose derivante da questa pubblicazione.

La sezione scaricabile online  
è disponibile all'indirizzo

<https://www.piccin.it/it/odontoiatria/2352-scienza-dei-materiali-dentali-volume-1-9788829929009.html>



ISBN 978-88-299-2900-9

Stampato in Italia

# Presentazione

Una presentazione, di norma, serve a presentare ai lettori l'opera, sottolineandone gli scopi, i metodi e i contenuti. Peraltro, questa nuova edizione di *Scienza dei materiali dentali* viene pubblicata a pochi mesi da quando, purtroppo, ci ha lasciati il suo autore Francesco Simionato: un attento e appassionato studioso dei materiali dentali. Intere generazioni di odontotecnici e di odontoiatri hanno potuto apprezzare il lavoro, lo studio e l'insegnamento di Francesco. Le sue pubblicazioni sui materiali dentali sono state riferimento e libri di testo per tanti professionisti e studenti.

Ebbene, a questa nuova edizione l'autore ha dedicato un particolare impegno. In realtà, scrivere un libro e illustrarlo è sempre impegnativo. Ma la cura e lo zelo di Francesco, in questo caso, sono stati straordinari. Non credo che ciò sia motivato solo dal fatto che, essendo trascorsa – dalla precedente edizione dell'opera – quella che possiamo definire una vera e propria “era tecnologica”, per compiere un lavoro accurato e completo era oggettivamente richiesto un grande lavoro. Vi è sicuramente un'altra motivazione: Francesco voleva anche, con questa sua ultima opera, lasciarci l'eredità del suo sapere.

*Scienza dei materiali dentali* è quindi uno strumento per acquisire le necessarie conoscenze su materie di fondamentale importanza per l'odontoiatra e l'odontotecnico, le basi culturali per affrontare con competenza l'attività professionale. Al contempo, però, questo lavoro è testimonianza di una serietà e di un impegno dell'autore che trascende la diligenza e la competenza sulle materie trattate. D'altra parte, Simionato stesso raccontava di come, in tanti anni di insegnamento, avesse avuto modo di constatare il grande interesse di studenti e professionisti nei confronti dei materiali dentali e delle tecnologie di lavorazione: interesse che spesso va ben oltre la pura esigenza di sapere come si esegue una data operazione e di cosa si impiega per lo scopo. Interesse che si estende nella ricerca della conoscenza dei principi scientifici che governano la materia e i processi.

Questa edizione di *Scienza dei materiali dentali* è suddivisa in ventotto capitoli. Rispetto all'edizione precedente, alcuni capitoli sono stati rielaborati ed ampliati, ma, soprattutto, sono stati introdotti nuovi argomenti. L'opera inizia con l'introduzione alla scienza dei materiali, al restauro dell'apparato stomatognatico. Poi, inquadra la struttura della materia, analizza le proprietà dei materiali, fisiche e chimiche, biologiche, meccaniche, tecnologiche; gli impieghi e le lavorazioni delle varie classi di materiali per i dispositivi e nel laboratorio. Quindi, si sofferma in modo dettagliato sui materiali stessi, con particolare attenzione alle nuove acquisizioni e agli sviluppi avvenuti negli ultimi anni.

Vengono offerte informazioni generali e di dettaglio sui materiali metallici, sulla loro corrosione, sui materiali polimeri, ceramici, compositi, da impronta e per modelli, cere e materiali da rivestimento, leghe nobili e non nobili. Ancora, l'opera introduce alle tecnologie digitali, si sofferma sulle leghe semilavorate, sulla saldatura. Prosegue con i capitoli su ceramica e metallo-ceramica dentale, su materiali a base di polimeri, su resine composite. Infine, l'ultimo capitolo fornisce elementi di colorimetria. Questo vale per delineare, molto sommariamente, la struttura e i temi proposti dell'opera. Mancheremmo, però, nei confronti dell'autore e dell'opera stessa, se non sottolineassimo anche dell'altro. Infatti, in *Scienza dei materiali dentali* vi sono parti che appaiono al lettore come "un libro nel libro". In particolare, nel capitolo sui materiali ceramici, troviamo un fiorire articolato di informazioni, annotazioni e considerazioni, frutto di una vita di esperienza professionale, di studio e ricerca.

Va segnalata anche una bella e preziosa novità che caratterizza questa edizione: a corredo dei testi, troviamo tante immagini, provenienti dal repertorio fotografico dello stesso autore. Simionato, infatti, appassionato di tecnica fotografica e di foto digitale, ha realizzato direttamente le immagini per l'opera.

Per concludere: l'autore, così come per le sue precedenti opere, assegna a *Scienza dei materiali dentali* una esplicita finalità didattica.

Questa edizione, che esce postuma, costituisce anche un omaggio alla vita generosa, di impegno nel campo dello studio e della didattica di Francesco Simionato.

SANDRO STORELLI  
Osservatorio Biomedicale Veneto

*A Cristina,  
Chiara e Valentina*

---



# Ringraziamenti

Francesco ha lasciato un elenco di laboratori odontotecnici, medici odontoiatri, ditte, associazioni che hanno contribuito con la loro disponibilità e la loro preparazione alla realizzazione di questo testo.

Ci sostituiamo a lui nel ringraziarli tutti per il contributo iconografico e per averlo coinvolto in varie sperimentazioni.

Un ringraziamento particolare al Prof. Calogero Trapani, amico fraterno, che ci ha aiutato e sostenuto e ha partecipato attivamente a questa pubblicazione, e al Prof. Roberto Berton, docente Lab. Odontotecnico e codocente SMD, per i consigli forniti in merito alla suddivisione dei capitoli.

---

*Sig. Od. Patrizio Marcato, titolare laboratorio MAVI DENTAL di Padova*  
*Sig.ri Od. Collaboratori dei laboratori MAVI DENTAL di Padova*

*Sig. Od. Michele Iannotta, titolare laboratorio L.O.V.E.*  
*Sig.ri Od. M.Lucchelli, P.Lucchelli e G.Bellato, titolari laboratorio L.C.D.*  
*Sig. Od. Paolo Molon e Laboratorio*  
*Sig. Od. Paolo Smaniotto, titolare laboratorio a Bassano del Grappa*  
*Sig. Od. Loris Zamuner, titolare laboratorio a S. Stino di Livenza*  
*Laboratorio Odontotecnico L.O.R.I.*

*Dr. Marco Calabrese*  
*Prof. Giampiero Cordioli*  
*Sig. Od. Franco Fares*  
*Dr. Lorenzo Favero della Clear Lab*  
*Dr. Lorenzo Graiff*  
*Dr. Alice Marcato*  
*Dr. Renato Rossi*  
*Dr. Paolo Vigolo*  
*Ing. Roberto Meneghello Università di Padova*  
*Ing. Federico Zaramella e il suo laboratorio*

*Dr. Massimo Piccin e Dr. Nicola Piccin della Piccin Nuova Libreria S.p.A.*  
*3Dfast Padova di Andrea Sandi*  
*3M Espe*

*Dental Club S.p.A.*  
*Dentaurum Italia S.p.A.*  
*Ivoclar Vivadent Manufacturing srl*  
*Oral Plant di Sergio Moro*  
*Sirona the Dental Company*  
*Vita*  
*Whip-Mix*  
*ZirkonZahn Worldwide*

*ADA American Dental Association*  
*AIMAD Associazione Italiana Materiali Dentari*  
*AIOP Accademia italiana di odontoiatri protesica*  
*ANTLO Associazione Nazionale Titolari Laboratorio Odontotecnico*  
*Camera di Commercio Padova*  
*CNA Padova e Vicenza*  
*Osservatorio Biomedicale Veneto – Dir. S. Storelli*  
*SNO Padova*  
*Corso di Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria dell'Università di Padova*

*Tutti gli Allievi incontrati in 40 anni di insegnamento*

---

Desideriamo rivolgere il nostro ringraziamento a Francesco, marito e papà tanto amato, per averci lasciato questa testimonianza del suo impegno e del suo amore per lo studio.

La moglie Cristina  
e le figlie Chiara e Valentina

# Indice generale

## Capitolo 1

Principali sviluppi storici.....	1
----------------------------------	---

## Capitolo 2

Introduzione alla scienza dei materiali dentali .....	15
---	----

2.1 Generalità.....	15
2.2 La materia e i materiali .....	15
2.3 La scienza e la tecnologia dei materiali .....	16
2.4 Struttura e proprietà dei materiali .....	17
2.5 Classificazione dei materiali .....	18
2.6 I biomateriali .....	20
2.7 I materiali “intelligenti” (smart materials) .....	21
2.8 Il ciclo dei materiali .....	22
2.9 Il settore dentale .....	22
2.10 I materiali dentali .....	23
2.11 Tipi di materiali dentali .....	25
2.12 Organizzazioni e normative .....	28

## Capitolo 3

Generalità sul restauro dell'apparato stomatognatico .....	31
--	----

3.1 Introduzione.....	31
3.2 I restauri dentali.....	32
3.2.1 Scopi e requisiti dei restauri dentali.....	32
3.2.2 I restauri in odontoiatria conservativa.....	33
3.2.3 Restauri in odontoiatria protesica.....	39
3.3 Implantologia e implantoprotesi .....	49
3.4 Ortodonzia.....	51
3.5 Procedimenti generali per la realizzazione delle protesi dentarie .....	52

**Capitolo 4****Grandezze e unità di misura ..... 57**

4.1	Concetti di grandezza e di unità di misura .....	57
4.2	Sistemi di unità di misura .....	58
4.3	Sistema Internazionale di Unità .....	58
	4.3.1 <i>Generalità</i> .....	58
	4.3.2 <i>Grandezze fondamentali</i> .....	59
	4.3.3 <i>Grandezze derivate</i> .....	59
	4.3.4 <i>Grandezze intensive e grandezze estensive</i> .....	61
	4.3.5 <i>Prefissi per la formazione dei multipli e sottomultipli decimali delle unità</i> .....	61
4.4	Misura delle temperature .....	62

**Capitolo 5****Richiami sulla struttura della materia ..... 65**

5.1	Atomi e molecole, elementi e composti, trasformazioni della materia....	65
5.2	Sistemi e miscugli .....	68
5.3	L'energia .....	69
5.4	Configurazione elettronica degli atomi .....	71
5.5	Il sistema periodico .....	76
5.6	Proprietà periodiche degli elementi .....	77
5.7	Classificazione degli elementi .....	77
5.8	I legami chimici .....	78
	5.8.1 <i>Introduzione</i> .....	78
	5.8.2 <i>Legame ionico</i> .....	79
	5.8.3 <i>Legame covalente</i> .....	80
	5.8.4 <i>Legame metallico</i> .....	84
	5.8.5 <i>Legami secondari</i> .....	85
	5.8.6 <i>Legami misti</i> .....	86
5.9	Stati di aggregazione della materia .....	86
	5.9.1 <i>Generalità</i> .....	86
	5.9.2 <i>Lo stato aeriforme</i> .....	87
	5.9.3 <i>Lo stato liquido</i> .....	87
	5.9.4 <i>Lo stato solido</i> .....	89
	5.9.5 <i>Struttura dei solidi cristallini</i> .....	91
	5.9.6 <i>Difetti nelle strutture cristalline</i> .....	96
	5.9.7 <i>Lo stato vetroso</i> .....	99
5.10	Soluzioni .....	99
5.11	Lo stato colloidale .....	102
5.12	Passaggi di stato .....	103
5.13	Proprietà generali dei materiali .....	105

**Capitolo 6****Proprietà fisiche e chimiche ..... 109**

6.1	Introduzione alle proprietà dei materiali .....	109
	6.1.1 <i>Generalità</i> .....	109

6.1.2	<i>Tipi di proprietà dei materiali</i> .....	109
6.2	Caratterizzazione dei materiali .....	111
6.3	Massa volumica o densità .....	111
6.4	Temperatura di fusione e intervallo di fusione .....	114
6.5	Calore specifico e calore di fusione .....	115
6.6	Conduktività e diffusività termica .....	116
6.7	Dilatazione termica .....	119
6.8	Resistenza allo shock termico .....	122
6.9	Proprietà elettriche .....	123
6.10	Proprietà chimiche .....	126
6.11	Fenomeni superficiali .....	127
	6.11.1 <i>Introduzione</i> .....	127
	6.11.2 <i>Bagnabilità</i> .....	128
	6.11.3 <i>Capillarità</i> .....	130
	6.11.4 <i>Adsorbimento ed assorbimento</i> .....	131
	6.11.5 <i>Adesione</i> .....	132
	6.11.6 <i>Sinterizzazione</i> .....	132
6.12	Proprietà speciali .....	133

## Capitolo 7

	<b>Proprietà biologiche</b> .....	<b>141</b>
7.1	Introduzione .....	141
7.2	Biocompatibilità .....	141
7.3	Biomeccanica .....	143
7.4	Valutazione biologica dei materiali dentali .....	144
7.5	Norme .....	147

## Capitolo 8

	<b>Proprietà meccaniche</b> .....	<b>151</b>
8.1	Introduzione .....	151
8.2	Forze e momenti .....	152
8.3	Resistenza dei materiali .....	154
8.4	Vincoli e reazioni vincolari .....	155
8.5	Carichi, sollecitazioni, tensioni, sforzi .....	155
8.6	Caratteristiche di sollecitazione .....	158
8.7	Tipi di sollecitazioni .....	159
8.8	Deformazione e rottura .....	160
8.9	Concentrazione delle tensioni .....	163
8.10	Proprietà meccaniche .....	166
8.11	Resistenza alle sollecitazioni statiche .....	166
	8.11.1 <i>Generalità</i> .....	166
	8.11.2 <i>Prova di trazione</i> .....	167
	8.11.3 <i>Prova di compressione</i> .....	184
	8.11.4 <i>Prova di flessione</i> .....	186
	8.11.5 <i>Prova di taglio</i> .....	194
	8.11.6 <i>Prova di torsione</i> .....	197
	8.11.7 <i>Prove di adesione</i> .....	199

8.12	Durezza.....	200
8.12.1	<i>Generalità</i> .....	200
8.12.2	<i>Prova di durezza Brinell (HB)</i> .....	202
8.12.3	<i>Prova di durezza Vickers (HV)</i> .....	202
8.12.4	<i>Prova di durezza Rockwell (HR)</i> .....	203
8.12.5	<i>Prova di durezza Martens (HM)</i> .....	204
8.12.6	<i>Prove di microdurezza</i> .....	204
8.12.7	<i>Prove di nanodurezza</i> .....	206
8.12.8	<i>Prove di durezza sugli elastomeri</i> .....	206
8.13	Tenacità all'impatto.....	207
8.14	Fatica e prove di fatica.....	210
8.14.1	<i>Generalità</i> .....	210
8.14.2	<i>Meccanismo della rottura per fatica</i> .....	211
8.14.3	<i>Prove di fatica</i> .....	211
8.14.4	<i>Importanza della fatica in campo dentale</i> .....	214
8.15	Meccanica della frattura.....	214
8.15.1	<i>Tenacità alla frattura</i> .....	214
8.15.2	<i>Probabilità di rottura dei materiali fragili; modulo di Weibull</i> .....	216
8.16	Usura e prove di usura.....	218
8.16.1	<i>Generalità sull'usura</i> .....	218
8.16.2	<i>Tipi primari di usura</i> .....	218
8.16.3	<i>Prove di usura</i> .....	220
8.16.4	<i>Importanza dell'usura in campo dentale</i> .....	220
8.17	Proprietà reologiche.....	222
8.17.1	<i>Reologia</i> .....	222
8.17.2	<i>Viscoelasticità</i> .....	225
8.18	Scorrimento viscoso e prove di scorrimento.....	227
8.19	Metodi sperimentali di studio degli stati di tensione e di deformazione.....	229
8.19.1	<i>Misura delle deformazioni mediante estensimetri</i> .....	229
8.19.2	<i>Metodo degli elementi finiti</i> .....	229
8.19.3	<i>Fotoelasticimetria</i> .....	230
8.19.4	<i>Metodo della verniciatura</i> .....	233
8.20	Proprietà dei tessuti dentari.....	233
8.21	Forze occlusali.....	235
8.22	Principi costruttivi meccanici dei restauri e scelta dei materiali.....	237
8.23	Caratterizzazione meccanica dei materiali e dei dispositivi dentali ...	238
8.23.1	<i>Caratterizzazione meccanica</i> .....	238
8.23.2	<i>Analisi delle difettosità meccaniche</i> .....	238
8.23.3	<i>Invecchiamenti artificiali</i> .....	239

## Capitolo 9

### Proprietà tecnologiche ..... 243

9.1	Introduzione.....	243
9.2	Deformabilità plastica.....	243
9.3	Fusibilità.....	245
9.4	Saldabilità.....	246
9.5	Temprabilità.....	246
9.6	Lavorabilità all'utensile.....	246

9.7	Rugosità delle superfici .....	247
9.8	Prove non distruttive .....	249
9.8.1	<i>Generalità</i> .....	249
9.8.2	<i>Esame con raggi x. Radiopacità e radiotrasparenza</i> .....	249
9.8.3	<i>Esame con liquidi penetranti</i> .....	250
9.9	Esami microscopici.....	250
9.9.1	<i>Generalità</i> .....	250
9.9.2	<i>Microscopia ottica</i> .....	251
9.9.3	<i>Microscopia elettronica</i> .....	253
9.9.4	<i>Microscopi a scansione di sonda (SPM)</i> .....	254

## Capitolo 10

<b>Materiali metallici .....</b>	<b>255</b>	
10.1	Introduzione: i materiali metallici e la metallurgia .....	255
10.2	Metalli.....	255
10.3	Leghe metalliche .....	257
10.3.1	<i>Generalità</i> .....	257
10.3.2	<i>Classificazione delle leghe</i> .....	258
10.3.3	<i>Concentrazione degli elementi nelle leghe</i> .....	258
10.4	Solidificazione dei metalli.....	259
10.4.1	<i>Introduzione</i> .....	259
10.4.2	<i>Fusione e solidificazione dei metalli</i> .....	259
10.5	Struttura cristallina e proprietà fisiche .....	267
10.6	Deformazione elastica e plastica dei metalli .....	268
10.6.1	<i>Introduzione</i> .....	268
10.6.2	<i>Deformazione elastica</i> .....	268
10.6.3	<i>Deformazione plastica</i> .....	268
10.6.4	<i>Geminazione</i> .....	269
10.6.5	<i>Effetto dei giunti dei grani</i> .....	270
10.7	Conseguenze della deformazione plastica: incrudimento .....	270
10.8	Ricristallizzazione .....	271
10.9	Rottura dei materiali metallici .....	272
10.10	Strutture delle leghe .....	274
10.10.1	<i>Tipi fondamentali di strutture</i> .....	274
10.10.2	<i>Soluzioni solide</i> .....	275
10.10.3	<i>Miscugli eutettici</i> .....	276
10.10.4	<i>Composti intermetallici</i> .....	277
10.11	Solidificazione delle leghe e diagrammi di stato .....	277
10.11.1	<i>Introduzione</i> .....	277
10.11.2	<i>Costruzione dei diagrammi di stato binari</i> .....	278
10.11.3	<i>Diagrammi di stato relativi a due elementi solubili allo stato solido a tutte le concentrazioni</i> .....	279
10.11.4	<i>Diagrammi di stato relativi a due elementi insolubili allo stato solido a tutte le concentrazioni</i> .....	282
10.11.5	<i>Diagrammi di stato relativi a due elementi parzialmente solubili allo stato solido</i> .....	284
10.11.6	<i>Diagrammi di stato con trasformazione peritettica</i> .....	288
10.11.7	<i>Diagrammi di stato relativi a due elementi che formano composti</i> .....	289

10.11.8	<i>Diagrammi di stato complessi</i> .....	289
10.11.9	<i>Leghe a più componenti e diagrammi di stato ternari</i> .....	290
10.12	Solidificazione dei metalli e delle leghe in condizioni reali .....	291
10.13	Trasformazioni allo stato solido .....	293
10.13.1	<i>Generalità</i> .....	293
10.13.2	<i>Trasformazioni disordine-ordine</i> .....	293
10.13.3	<i>Precipitazione da una soluzione solida; indurimento per precipitazione</i> .....	295
10.13.4	<i>Trasformazioni eutettoidi</i> .....	297
10.14	Lavorazioni dei materiali metallici .....	299
10.15	Trattamenti termici .....	300
10.16	Impieghi dei materiali metallici in campo dentale.....	301

## Capitolo 11

### Corrosione dei materiali metallici .....303

11.1	Generalità sulla corrosione .....	303
11.2	Classificazione e morfologia dei fenomeni corrosivi .....	304
11.3	Corrosione a umido .....	304
11.3.1	<i>Generalità</i> .....	304
11.3.2	<i>Meccanismo della corrosione a umido</i> .....	305
11.3.3	<i>Estensione delle aree anodiche e catodiche</i> .....	307
11.3.4	<i>Serie elettrochimica dei metalli. Potenziali standard</i> .....	307
11.3.5	<i>Reazioni anodiche e catodiche</i> .....	310
11.4	Tipi di corrosioni a umido.....	311
11.4.1	<i>Corrosione per contatto galvanico</i> .....	312
11.4.2	<i>Corrosione selettiva</i> .....	312
11.4.3	<i>Corrosione interstiziale</i> .....	313
11.4.4	<i>Corrosione per vaiolatura</i> .....	314
11.4.5	<i>Corrosione sotto sforzo o tensocorrosione</i> .....	314
11.4.6	<i>Corrosione-erosione</i> .....	315
11.4.7	<i>Corrosione-fatica</i> .....	315
11.4.8	<i>Corrosione microbiologica</i> .....	315
11.5	Corrosione in ambito biologico.....	316
11.6	Condizioni che favoriscono la corrosione nella cavità orale.....	318
11.7	Effetti dei fenomeni galvanici e corrosivi nella cavità orale.....	323
11.8	Metodi di valutazione dei fenomeni corrosivi. Prove di corrosione....	325
11.9	Prevenzione della corrosione dei materiali metallici dentali .....	326

## Capitolo 12

### Materiali polimerici.....329

12.1	Introduzione .....	329
12.2	Polimeri e monomeri.....	330
12.3	Materie plastiche .....	332
12.3.1	<i>Generalità</i> .....	332
12.3.2	<i>Strutture delle materie plastiche</i> .....	333
12.3.3	<i>Classificazione delle materie plastiche</i> .....	334
12.3.4	<i>Meccanismi di polimerizzazione</i> .....	334
12.3.5	<i>Poliaddizione radicalica</i> .....	336

12.3.6	<i>Tipi di poliaddizioni radicaliche dentali</i> .....	338
12.3.7	<i>Inibizione della poliaddizione radicalica</i> .....	339
12.3.8	<i>Poliaddizione ionica</i> .....	339
12.4	Materie plastiche termoplastiche .....	339
12.4.1	<i>Temperatura di transizione vetrosa</i> .....	339
12.4.2	<i>Materie plastiche termoplastiche amorse</i> .....	340
12.4.3	<i>Materie plastiche termoplastiche cristalline</i> .....	341
12.4.4	<i>Tipi di materie plastiche termoplastiche</i> .....	342
12.5	Materie plastiche termoindurenti .....	342
12.6	Copolimeri.....	343
12.7	Proprietà delle materie plastiche .....	344
12.8	Lavorazioni delle materie plastiche .....	348
12.9	Elastomeri .....	349
12.10	Additivi per le materie plastiche e gli elastomeri .....	350
12.11	Adesivi .....	351

## Capitolo 13

<b>Materiali ceramici.....</b>		<b>353</b>
13.1	Generalità .....	353
13.2	Classificazione .....	354
13.3	Strutture dei materiali ceramici.....	355
13.4	Leghe ceramiche e diagrammi di stato per i sistemi ceramici .....	357
13.5	Proprietà generali dei materiali ceramici .....	357
13.6	Silicati .....	360
13.6.1	<i>Generalità</i> .....	360
13.6.2	<i>Silice</i> .....	361
13.6.3	<i>Feldspati</i> .....	363
13.6.4	<i>Leucite</i> .....	363
13.7	Materiali ceramici tradizionali .....	364
13.8	Materiali ceramici avanzati o speciali .....	366
13.9	Vetri inorganici.....	367
13.9.1	<i>Generalità</i> .....	367
13.9.2	<i>Formazione dello stato vetroso</i> .....	368
13.9.3	<i>Intervallo di lavorabilità dei vetri e modificatori del reticolo vetroso</i> .....	369
13.9.4	<i>Temperatura di transizione vetrosa</i> .....	370
13.9.5	<i>Colorazione del vetro</i> .....	370
13.9.6	<i>Vetri idrotermali</i> .....	372
13.9.7	<i>Proprietà principali del vetro</i> .....	372
13.10	Vetroceramiche .....	375

## Capitolo 14

<b>Materiali compositi.....</b>		<b>377</b>
14.1	Generalità .....	377
14.2	Struttura e classificazione dei compositi .....	378
14.3	Compositi rinforzati con particelle .....	380
14.4	Compositi rinforzati con fibre .....	381

**Capitolo 15**

<b>Materiali da impronta.....</b>	<b>385</b>
15.1 Generalità .....	385
15.2 Requisiti dei materiali da impronta.....	387
15.3 Classificazione dei materiali da impronta.....	387
15.3.1 <i>Classificazione</i> .....	387
15.3.2 <i>Tipi di impronte</i> .....	389
15.4 Portaimpronta .....	389
15.5 Elastomeri da impronta .....	391
15.5.1 <i>Generalità</i> .....	391
15.5.2 <i>Norme sugli elastomeri da impronta e loro classificazione</i> .....	391
15.5.3 <i>Tipi di elastomeri da impronta e loro stato di fornitura</i> .....	392
15.5.4 <i>Impieghi</i> .....	394
15.5.5 <i>Composizioni e reazioni chimiche</i> .....	395
15.5.6 <i>Proprietà generali</i> .....	401
15.5.7 <i>Manipolazione</i> .....	406
15.5.8 <i>Considerazioni generali</i> .....	411
15.6 Idrocolloidi da impronta .....	412
15.6.1 <i>Generalità e normative</i> .....	412
15.6.2 <i>Idrocolloidi irreversibili da impronta (alginati)</i> .....	414
15.6.3 <i>Idrocolloidi reversibili da impronta (agar)</i> .....	420
15.7 Gesso da impronta .....	426
15.8 Paste termoplastiche .....	429
15.9 Paste all'ossido di zinco-eugenolo da impronta .....	431
15.10 Cere da impronta .....	434
15.11 Disinfezione delle impronte.....	435
15.12 Materiali per duplicazione .....	437
15.12.1 <i>Generalità</i> .....	437
15.12.2 <i>Tipi di materiali per duplicazione</i> .....	437

**Capitolo 16**

<b>Materiali per modelli .....</b>	<b>441</b>
16.1 Generalità .....	441
16.2 Requisiti dei materiali per modelli.....	442
16.3 Gessi dentali.....	443
16.3.1 <i>Introduzione</i> .....	443
16.3.2 <i>Produzione dei gessi dentali</i> .....	443
16.3.3 <i>Trasformazioni del solfato di calcio biidrato</i> .....	445
16.3.4 <i>Tipi di solfato di calcio emidrato</i> .....	445
16.3.5 <i>Reazione di presa e microstruttura del gesso indurito</i> .....	448
16.3.6 <i>Tipi di gessi dentali</i> .....	450
16.3.7 <i>Requisiti per i gessi dentali</i> .....	451
16.3.8 <i>Rapporto acqua-polvere</i> .....	452
16.3.9 <i>Tempo di miscelazione, tempo di lavorazione e tempo di presa</i> .....	453
16.3.10 <i>Acceleranti e ritardanti</i> .....	454
16.3.11 <i>Espansione di presa</i> .....	455
16.3.12 <i>Espansione igroscopica di presa</i> .....	457
16.3.13 <i>Resistenza</i> .....	458

16.3.14	<i>Durezza resistenza all'usura</i> .....	459
16.3.15	<i>Riproduzione dei dettagli</i> .....	459
16.3.16	<i>Manipolazione dei gessi dentali</i> .....	460
16.3.17	<i>Conservazione dei modelli e delle polveri di gesso</i> .....	464
16.3.18	<i>Gessi per impieghi speciali</i> .....	465
16.3.19	<i>Disinfezione e sterilizzazione dei modelli in gesso</i> .....	466
16.4	Altri materiali per modelli e monconi.....	466
16.4.1	<i>Generalità</i> .....	466
16.4.2	<i>Galvanoplastica delle impronte</i> .....	467
16.4.3	<i>Resine sintetiche</i> .....	468
16.4.4	<i>Materiali refrattari</i> .....	469
16.4.5	<i>Leghe a bassa temperatura di fusione</i> .....	470

## Capitolo 17

### Cere dentali.....471

17.1	Generalità e classificazione.....	471
17.2	Composizione delle cere dentali.....	472
17.3	Proprietà generali.....	474
17.4	Cere per fusioni e cere per placche-base.....	476
17.4.1	<i>Generalità e classificazione</i> .....	476
17.4.2	<i>Cere per fusioni</i> .....	477
17.4.3	<i>Realizzazione dei modellati in cera</i> .....	480
17.4.4	<i>Cere per placche-base</i> .....	484
17.5	Cere da lavorazione.....	485

## Capitolo 18

### Materiali da rivestimento.....487

18.1	Generalità e classificazione.....	487
18.2	Requisiti generali.....	488
18.3	Composizione generale.....	489
18.4	Classificazione.....	489
18.5	Materiali da rivestimento a legante gessoso.....	490
18.5.1	<i>Impieghi e classificazione</i> .....	490
18.5.2	<i>Composizione</i> .....	491
18.5.3	<i>Rapporto acqua/polvere e preparazione del miscuglio di rivestimento</i> .....	491
18.5.4	<i>Reazione di presa e struttura</i> .....	492
18.5.5	<i>Resistenza</i> .....	492
18.5.6	<i>Espansione di presa</i> .....	493
18.5.7	<i>Espansione termica</i> .....	496
18.5.8	<i>Finezza della polvere e porosità del rivestimento</i> .....	500
18.5.9	<i>Conservazione delle polveri di rivestimento</i> .....	500
18.6	Materiali da rivestimento a legante fosfatico.....	501
18.6.1	<i>Impieghi e classificazione</i> .....	501
18.6.2	<i>Composizione</i> .....	501
18.6.3	<i>Reazione di presa e reazioni durante il preriscaldamento</i> .....	502
18.6.4	<i>Espansione</i> .....	502
18.6.5	<i>Caratteristiche generali</i> .....	503

18.7	Rivestimenti a legante siliceo .....	504
18.7.1	<i>Generalità</i> .....	504
18.7.2	<i>Composizione reazioni</i> .....	504
18.7.3	<i>Proprietà generali</i> .....	505
18.8	Rivestimenti per brasatura .....	506
18.9	Rivestimenti speciali (per titanio) .....	506

## Capitolo 19

### Leghe nobili.....509

19.1	Generalità sui materiali metallici dentali.....	509
19.1.1	<i>Introduzione</i> .....	509
19.1.2	<i>Materiali metallici per protesi</i> .....	511
19.1.3	<i>Norme, classificazione e requisiti</i> .....	512
19.2	Leghe nobili per fusioni dentali .....	513
19.2.1	<i>Introduzione</i> .....	513
19.2.2	<i>Requisiti dei materiali metallici da fusione per uso dentale</i> .....	514
19.2.3	<i>Classificazione</i> .....	515
19.2.4	<i>Leghe ad alto contenuto d'oro</i> .....	516
19.2.5	<i>Leghe a medio contenuto d'oro</i> .....	524
19.2.6	<i>Leghe d'argento</i> .....	525
19.3	Riutilizzo delle leghe nobili .....	526

## Capitolo 20

### Leghe non nobili.....529

20.1	Generalità .....	529
20.2	Leghe non nobili per fusione a cera persa .....	529
20.2.1	<i>Generalità</i> .....	529
20.2.2	<i>Leghe non nobili per protesi rimovibili</i> .....	531
20.2.3	<i>Leghe non nobili per protesi fisse</i> .....	536
20.3	Considerazioni biologiche .....	540
20.4	Riutilizzo delle leghe non nobili .....	541
20.5	Leghe non nobili per fusione laser selettiva.....	541
20.6	Leghe di cobalto in polvere semisinterizzata o compattata per fresatura con tecniche CAD-CAM e successiva cottura di sinterizzazione .....	543
20.7	Titanio .....	544
20.7.1	<i>Generalità</i> .....	544
20.7.2	<i>Proprietà generali del titanio</i> .....	546
20.7.3	<i>Tipi di titanio commerciale</i> .....	547
20.7.4	<i>Leghe di titanio</i> .....	548
20.7.5	<i>Il titanio in implantologia</i> .....	550

## Capitolo 21

### Fusione a cera persa.....557

21.1	Introduzione .....	557
21.2	Fusione a cera persa delle protesi fisse.....	559
21.2.1	<i>Il modellato in cera</i> .....	559

21.2.2	<i>Il perno di colata</i> .....	561
21.2.3	<i>Messa in rivestimento</i> .....	565
21.2.4	<i>Preriscaldamento della forma refrattaria</i> .....	568
21.2.5	<i>Fusione e colata della lega</i> .....	569
21.2.6	<i>Recupero e rifinitura della fusione</i> .....	576
21.3	Fusione a cera persa dei telai metallici delle protesi parziali rimovibili .....	579
21.3.1	<i>Generalità</i> .....	579
21.3.2	<i>Trattamento del modello refrattario</i> .....	580
21.3.3	<i>Modellazione in cera</i> .....	580
21.3.4	<i>Applicazione dei perni di colata</i> .....	580
21.3.5	<i>Messa in rivestimento</i> .....	581
21.3.6	<i>Preriscaldamento della forma refrattaria</i> .....	582
21.3.7	<i>Fusione e colata della lega</i> .....	582
21.3.8	<i>Recupero e rifinitura della fusione</i> .....	582
21.4	Fusione a cera persa del titanio in campo dentale.....	583
21.5	Difetti nelle fusioni .....	589
21.6	Sovrafusioni .....	596

## Capitolo 22

### Introduzione alle tecnologie digitali in protesi dentaria .....601

22.1	Generalità .....	601
22.2	Tecnologie CAD-CAM .....	601
22.3	Il processo di produzione computerizzato .....	602
22.4	Reverse Engineering dentale .....	606
22.5	Progettazione virtuale .....	609
22.6	Fase CAM .....	610
22.7	Tecnologie di prototipazione rapida.....	614
22.8	Fusione laser selettiva .....	614
22.9	Stereolitografia .....	619
22.10	Modellazione tramite estrusione di filamenti (Fused Deposition Modeling, FDM) e modellazione multigetto (Multi Jet Modeling, MJM) .....	620

## Capitolo 23

### Leghe semilavorate .....623

23.1	Generalità .....	623
23.2	Leghe nobili in fili .....	624
23.3	Acciai .....	625
23.3.1	<i>Generalità sugli acciai</i> .....	625
23.3.2	<i>Polimorfismo del ferro e principali strutture delle leghe ferro-carbonio</i> .....	626
23.3.3	<i>Generalità sugli acciai inossidabili</i> .....	628
23.3.4	<i>Acciai inossidabili austenitici</i> .....	629
23.4	Leghe di cobalto-cromo-nichel in fili.....	632
23.5	Leghe di titanio-beta in fili .....	633
23.6	Leghe di nichel-titanio in fili .....	633

**Capitolo 24**

<b>Saldatura .....</b>	<b>637</b>
24.1 Generalità sulla saldatura.....	637
24.2 Classificazione delle saldature .....	638
24.3 Tipi di saldature dentali.....	639
24.3.1 <i>Classificazione in base al procedimento di saldatura</i> .....	639
24.3.2 <i>Classificazione in base al sistema di sostegno                   dei pezzi da collegare</i> .....	640
24.4 Brasature dentali.....	640
24.4.1 <i>Materiali e mezzi per l'esecuzione delle brasature</i> .....	640
24.4.2 <i>Norme sulle brasature dentali</i> .....	641
24.4.3 <i>Requisiti generali per i metalli d'apporto</i> .....	641
24.4.4 <i>Stato di fornitura dei metalli d'apporto</i> .....	642
24.4.5 <i>Tipi di metalli d'apporto per brasature dentali</i> .....	642
24.4.6 <i>Fondenti</i> .....	644
24.4.7 <i>Microstruttura del giunto saldato</i> .....	645
24.4.8 <i>Brasatura al cannello</i> .....	647
24.4.9 <i>Difetti nelle brasature e loro cause</i> .....	654
24.4.10 <i>Brasatura a raggi infrarossi</i> .....	656
24.4.11 <i>Brasatura in forno</i> .....	658
24.4.12 <i>Brasatura elettrica</i> .....	659
24.5 Saldature per fusione .....	659
24.5.1 <i>Generalità</i> .....	659
24.5.2 <i>Saldatura laser</i> .....	659
24.5.3 <i>Saldatura TIG</i> .....	663
24.5.4 <i>Saldatura al plasma</i> .....	664
24.6 Saldatura per resistenza.....	666
 <b>Bibliografia .....</b>	 <b>669</b>
<b>Indice analitico.....</b>	<b>673</b>

# *Piano dell'opera*

## *Volume 2*

Capitolo 25	Ceramica e metallo-ceramica dentale.....	1
Capitolo 26	Materiali a base di polimeri per protesi.....	131
Capitolo 27	Resine composite per protesi.....	179
Capitolo 28	Elementi di colorimetria.....	201
<b>Bibliografia</b> .....		<b>219</b>
<b>Indice analitico</b> .....		<b>223</b>

